



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Seguridad Energética a Través de la Planificación y  
Evaluación de un Proyecto de Almacenamiento de  
Petrolíferos en Cumplimiento con la Política Pública  
Emitida por el Estado**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Ingeniera Petrolera**

**P R E S E N T A N**

Katya Marely Barrera Chávez

Verónica Beltrán Luna

**DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Eduardo Dorantes Sevilla



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024

# Agradecimientos

A mis padres, por siempre darme todo su amor y comprensión. Por apoyarme y permitirme tener una formación profesional. Por su dedicación y sacrificios durante cada una de mis etapas de vida.

Al Ing. Eduardo Dorantes Sevilla, por su compromiso, dedicación y guía durante el desarrollo de este trabajo.

A la Comisión Reguladora de Energía, por la información proporcionada que nos permitió detallar y desarrollar los estudios que presentamos en este trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería, por las enseñanzas adquiridas y por brindarme las herramientas necesarias para mi desarrollo y crecimiento profesional.

Katya Marely Barrera Chávez



A mis maravillosos padres, por todo el amor y confianza que han depositado en mí desde pequeña, por ser tan incondicionales y creer en mí, dándome la mano para ser el soporte que me ha impulsado a cumplir cada sueño que después se convirtió en logro. Mamá y papá, los amo, gracias por guiarme y siempre mantenerse cerca a pesar de la distancia, esto es por y para ustedes; su esfuerzo y sacrificios no han sido en vano.

A mis hermanas, por ser las mejores compañeras de vida, por enseñarme lo que es el amor y volverse mi lugar seguro y favorito en todo el mundo. Gracias niñas, las amo, ustedes son mi mayor motivación.

Katy, gracias por compartir este reto conmigo, por permitirme estar y verte siendo una increíble amiga, mujer y profesionista, siempre voy a estar agradecida por coincidir contigo.

Al Ing. Eduardo Dorantes Sevilla, por su tiempo y dedicación, porque a pesar de todas sus actividades siempre nos dedicó espacios para atender el proyecto. Gracias por todo el conocimiento compartido, por incentivarnos y apoyarnos en todo momento.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería, por acogerme tan bonito, porque verdaderamente se convierten en una segunda casa. Gracias, porque no sólo me ofrecieron conocimiento, me regalaron amigos, experiencias, y espacios que siempre voy a recordar y atesorar en mi corazón.

Gracias vida, gracias por todo y por tanto.

Verónica Beltrán Luna

## Resumen

El papel vital que ha jugado el petróleo en la economía por más de 100 años se debe a que produce la energía más rentable por su alta calidad y su generación a bajos costos, que de no ser por su principal contaminante el CO<sub>2</sub>, podría considerarse como la fuente de energía ideal.

En México, la industria de los hidrocarburos ha sido uno de los sectores más protegidos desde la expropiación petrolera en 1938, pues además de satisfacer la demanda interna de energía y productos derivados, ha sido la principal fuente de ingresos fiscales del Estado.

Con el paso del tiempo, contraria a nuestra producción nacional de petrolíferos, la demanda de gasolina y diésel ha incrementado, lo que ha provocado una alta dependencia a las importaciones y ha puesto como asunto prioritario para nuestro país la ampliación de inventario e infraestructura para reservas energéticas que garanticen el abasto de este insumo, con el objetivo de responder a emergencias y evitar impactos económicos y sociales en el país.

Aunado a lo anterior y para el caso específico de México, la Secretaría de Energía publicó el 12 de diciembre de 2017, la Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos en el Diario Oficial de la Federación, acuerdo en el que se establecen las medidas para fortalecer la seguridad energética y la cual se basa en la obligación de mantener almacenados inventarios mínimos de petrolíferos. A través de esta política, se incentiva la creación de infraestructura en almacenamiento.

El conjunto de medidas que se han tomado en el país y los nuevos proyectos de inversionistas locales e internacionales frente a la apertura del mercado nacional de petrolíferos, hacen necesario contar con el suministro adecuado de éstos. Estos proyectos aumentan el valor estratégico de las inversiones en plantas de almacenamiento, al igual que disminuyen el costo de la logística de distribución debido a la ampliación en la capacidad de almacenamiento de petrolíferos.

Este trabajo presenta una evaluación sobre las oportunidades de inversión en plantas de almacenamiento de gasolina, ligadas a la necesidad de aumentar los inventarios de los combustibles para el transporte, incrementando así la funcionalidad y eficiencia de los mercados, y mejorando la preparación a nivel nacional en casos de contingencias en el abasto.

# Resumen de capítulos

## Capítulo 1: Panorama mundial del petróleo crudo y petrolíferos

Se presenta la perspectiva global de los diferentes tipos de energía, haciendo énfasis en el crudo y sus productos derivados, que son los petrolíferos. De estos se hace un análisis mundial histórico de 2009-2021 sobre reservas, producción, consumo e importaciones. Por último, se analizan los cambios y repercusiones en el sector energético debido a la pandemia por COVID-19.

## Capítulo 2: Mercado nacional de petrolíferos

Se muestra y analiza el mercado de combustibles en México a través de la oferta y demanda nacional de gasolina y diésel. En este capítulo se analiza, además de la producción del Sistema Nacional de Refinación, el volumen de importaciones realizadas por PEMEX y empresas privadas.

## Capítulo 3: Seguridad Energética: Almacenamiento de petrolíferos

En este capítulo se integran conceptos relevantes vinculados al almacenamiento con el fin de ampliar las bases de conocimiento para el mejor entendimiento de la importancia de la PPAMP<sup>1</sup>. Se muestra además la evolución del marco normativo del país en materia energética, así como su estado actual. Por último, se presenta un resumen de las obligaciones y expectativas apegadas a la Política Pública; se analiza la situación actual del país en cuanto a inventarios e infraestructura en almacenamiento.

## Capítulo 4: Propuesta de Proyecto de Almacenamiento

En este capítulo se plantea y evalúa la viabilidad de desarrollar un proyecto de almacenamiento considerando dos tipos de estudio: localización y mercado, con la finalidad de mitigar el mayor riesgo posible en la inversión proyectada para la infraestructura, y pueda ser factible como un proyecto de desarrollo nacional, en cumplimiento con las regulaciones y condiciones existentes, para apoyar a la seguridad energética del país.

---

<sup>1</sup> Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos

## Justificación

El almacenamiento de combustibles resulta relevante en la cadena de valor del petróleo, ya que puede emplearse con fines estratégicos y comerciales; primero al blindar la política energética de un país asegurando temporalmente el abastecimiento nacional ante situaciones de emergencia, y segundo, al permitir el flujo de combustible y compensar los desbalances de la oferta y la demanda.

México, en comparación con otros países, se encuentra entre las economías con menos días de inventario de petrolíferos en el mundo, esto es, 14.7 días de gasolina y 15 días de diésel, de ahí la importancia de contar y ampliar su almacenamiento.

## Objetivo

Exponer la importancia de la seguridad energética del país, especialmente aquella obtenida a través del almacenamiento comercial/estratégico planteado en la Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos publicada en 2017.

La propuesta del proyecto de almacenamiento que se presenta pretende fortalecer el blindaje de hidrocarburos en el país para mantener la estabilidad en la oferta/demanda ante cualquier situación de emergencia.

# Contenido

Agradecimientos.....	I
Resumen .....	III
Resumen de capítulos.....	IV
Justificación.....	V
Objetivo .....	V
Capítulo 1 .....	14
Panorama mundial de crudo y petrolíferos .....	14
1.1 Definición de energía primaria.....	14
1.1.1 Perspectiva mundial de la energía primaria.....	15
1.2 Petróleo crudo .....	18
1.2.1 Generalidades del crudo .....	18
1.2.2 Reservas.....	20
1.2.2.1 Definición de reservas .....	20
1.2.2.2 Reservas mundiales .....	21
1.2.3 Oferta .....	23
1.2.3.1 Producción.....	23
1.2.3.2 Importación .....	26
1.2.4 Demanda .....	28
1.2.5 Caídas por COVID-19.....	31
1.3 Petrolíferos .....	33
1.3.1 Oferta .....	33
1.3.1.1 Refinación Mundial .....	33
1.3.2 Demanda .....	36
1.3.3 Caídas por COVID-19.....	39

Capítulo 2 .....	40
Mercado nacional de petrolíferos .....	40
2.2 Oferta nacional .....	40
2.2.1 Producción .....	40
2.2.1.1 Producción en el Sistema Nacional de Refinación.....	41
2.2.2 Importaciones.....	45
2.3 Demanda.....	49
2.4 Balance Nacional de Petrolíferos .....	50
Capítulo 3 .....	52
Seguridad Energética .....	52
3.1 Definición de Seguridad Energética .....	52
3.2 Experiencias internacionales en materia de almacenamiento .....	52
3.3 Tipos de almacenamiento .....	55
3.4 Marco Normativo Nacional .....	56
3.5 Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos de México .....	59
3.5.1 Regionalización.....	60
3.5.2 Inventarios actuales .....	60
3.5.3 Infraestructura nacional de petrolíferos.....	63
3.5.3.1 Infraestructura actual .....	63
3.5.3.2 Proyectos de privados .....	64
3.5.4 Obligaciones a permisionarios .....	66
3.5.5 Expectativas.....	67
Capítulo 4 .....	70
Propuesta del proyecto de almacenamiento.....	70
4.1 Justificación del proyecto .....	70

4.2 Alineación a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) .....	71
4.3 Estudio de Localización .....	72
4.3.1 Factores de localización .....	72
4.3.2 Localización .....	74
4.4 Estudio de Mercado .....	82
4.4.1 Factores de localización .....	82
4.4.2 Análisis de mercado .....	83
4.5 Planeación de Proyecto: Terminal de Almacenamiento de Gasolina .....	88
4.5.1 Descripción del proyecto .....	88
4.5.2 Distribución y suministro .....	91
4.5.3 Análisis de mercado a cubrir .....	93
4.5.4 Capacidad nominal y selección de tanques .....	96
4.5.4.1 Demanda .....	96
4.5.8 Escenario de suministro .....	96
4.5.9 Propuesta de modelos tarifarios .....	96
4.5.10 Plan de trabajo en herramienta de gestión de proyectos .....	97
4.5.10.1 Cronograma .....	97
4.5.10.2 Análisis de riesgo .....	102
Conclusiones .....	104
Glosario de unidades .....	106
Referencias .....	106

# Índice de Figuras

Figura 1. Derivados del proceso de refinación del crudo. El proceso de refinación de petróleo. Oiltanking, 2015.....	19
Figura 2. Proceso de estimación de reservas. CNH, 2019. ....	20
Figura 3 . Clasificación de reservas. PRMS, 2018. ....	21
Figura 4. Las 10 refinerías más grandes del mundo. Elaborada con datos de recuperados de Periódico de la Energía, 2017. ....	35
Figura 5. Evolución del marco normativo en México. Elaboración propia con datos de la CRE, 2022.....	56
Figura 6. Marco institucional antes de la reforma. OCDE, 2022. ....	57
Figura 7. Marco institucional después de la reforma. OCDE, 2022. ....	58
Figura 8. Dirección operativa de PEMEX antes de la reforma. El Colegio de México, 2017. ..	59
Figura 9. Dirección operativa de PEMEX después de la reforma. El Colegio de México, 2017	59
Figura 10. Infraestructura Nacional de Petrolíferos por regiones. Elaborada a partir de datos de SENER, 2022. ....	63
Figura 11. Obligaciones a permisionarios que establece la PPAMP. Elaborada con datos recuperados del Diario Oficial de la Federación .....	66
Figura 12. Evolución de la PPAMP. Elaboración propia con datos del Diario Oficial de la Federación.....	69
Figura 13. Estados con mayor turismo en México. Información Turística por Entidad Federativa, 2022.....	88
Figura 14. Sistema de recuperación de vapores, DOF, 2018.....	93
Figura 15. Radio núcleo y Convivencia en el mercado de la Terminal de Almacenamiento propuesta. Elaboración propia.....	95
Figura 16. WBS del proyecto.....	98
Figura 17. Gantt del proyecto. ....	98
Figura 18. Gantt del proyecto. ....	101
Figura 19. Gráfico de distribución del análisis de riesgo.....	102

## Índice de Mapas

Mapa 1. Top 10 de reservas 2020. BP Statical Review, 2021.....	23
Mapa 2. Top 10 de países con mayor producción de aceite en el mundo 2020. World Oil Review, 2021.....	24
Mapa 3. Principales movimientos comerciales en el mundo 2020. BP Statical Review, 2021. 27	
Mapa 4. Top 10 de países con mayor consumo de aceite en el mundo 2019. World Oil Review, 2020.....	29
Mapa 5. Relación producción/consumo de aceite por región 2020. World Oil Review, 2021. ..	31
Mapa 6. Refinerías que conforman el Sistema Nacional de Refinación de México. SIE, 2021. ....	43
Mapa 7. Importaciones de gasolina por país de origen. Prontuario Estadístico de Petrolíferos, 2019.....	45
Mapa 8. Importaciones de Diésel por país de origen. Prontuario estadístico de Petrolíferos 2019 .....	46
Mapa 9. Autonomía por región respecto a almacenamiento total. Estadísticas Hidrocarburos, 2021.....	61
Mapa 10. Autonomía por región respecto a almacenamiento terrestre. Estadísticas Hidrocarburos 2021. ....	62
Mapa 11. Infraestructura Nacional de Petrolíferos 2020. Elaborado a partir de datos de SENER, 2022.....	64
Mapa 12. Proyectos de almacenamiento y distribución de petrolíferos con permiso otorgado por la CRE, 2022. Elaboración propia con datos proporcionados por la CRE. ....	65
Mapa 13. Vías de acceso, Hidalgo. Elaboración propia con información de la CRE, 2022. ....	75
Mapa 14. Infraestructura de almacenamiento, Hidalgo. Elaboración propia con información de SENER y CRE, 2022. ....	76
Mapa 15. Fuentes de Abastecimiento, Hidalgo. Elaboración propia con información de SENER y CRE, 2022. ....	77
Mapa 16. Clima, Nopala de Villagrán. Modificado de Aspectos Geográficos, Hidalgo. INEGI, 2020.....	78
Mapa 17. Litología, Hidalgo. Modificado de Aspectos Geográficos, Hidalgo. INEGI, 2020. ....	79

Mapa 18. Población, Hidalgo. Elaboración propia con datos de la INEGI, 2020. ....	80
Mapa 19. Estaciones de servicio, Nopala de Villagrán. Elaboración propia con información de SENER y CRE, 2022. ....	84
Mapa 20. Industria Manufacturera, Hidalgo. Elaboración propia con datos de la PPAMP, 2017. ....	85
Mapa 21. Localización de la TAR Nopala. Elaboración propia con información de SENER y CRE, 2022. ....	89
Mapa 22. Localización y coordenadas de la instalación. Elaboración propia. ....	89
Mapa 23. Localización de la TAR Nopala. Elaboración propia ....	90
Mapa 24. Distribución y suministro. ....	92
Mapa 25. Número de estaciones de servicio por radio. ....	94
Mapa 26. Estaciones de servicio dentro del radio núcleo y convivencia del mercado. ....	94

## Índice de Gráficas

Gráfica 1 . Historial del consumo de energía por región [GJ], BP Statical Review of Energy World, 2021. ....	15
Gráfica 2. Consumo global de los tipos de combustibles, BP 2021. ....	16
Gráfica 3. Consumo por tipo de combustible, BP 2021. ....	17
Gráfica 4. Historial del consumo mundial por tipo de energía, BP Statical Review of Energy World, 2021. ....	18
Gráfica 5. Producción mundial de aceite. BP Statical Review, 2021. ....	24
Gráfica 6. Producción de aceite de países OPEP. OPEC MOM, 2020. ....	26
Gráfica 7. Mayores Importadores de Petróleo en el Mundo. Elaborada con datos de BP Statical Review, 2021. ....	28
Gráfica 8. Consumo mundial de aceite. BP Statical Review y OPEP MOMR, 2020. ....	29
Gráfica 10. Consumo mundial de aceite 2020-2022. BP Statical Review y OPEP Monthly Oil Market Report (MOMR) en Q20, 2022. ....	32

Gráfica 11. Producción vs consumo mundial 2009- 2022. Elaboración propia con datos de BP Statical Review, 2022. ....	33
Gráfica 12. Capacidad de refinación mundial por región. BP, 2021. ....	34
Gráfica 13. Capacidad de producción de refinerías en el mundo en el 2020. Statical Review of World Energy, BP, 2021. ....	34
Gráfica 14. Cobertura de la demanda de gasolina con producción nacional, 2022. Elaborada con datos recuperados de CRE, 2022. ....	36
Gráfica 15. Demanda mundial de petrolíferos 2010-2020. BP, 2021. ....	37
Gráfica 16. Consumo mundial de petrolíferos en millones de barriles por día 2010- 2020. BP, 2021. ....	37
Gráfica 17. Principales consumidores de petrolíferos, 2020. BP, 2021. ....	38
Gráfica 18. Precio del barril de petróleo crudo, 2009-2021. Elaboración propia con datos de BP, 2021. ....	38
Gráfica 19. Demanda mundial de petrolíferos 2010-2020. BP, 2021. ....	39
Gráfica 20. Producción nacional de petrolíferos por administración. Sistema de Información Energética (SIE) y Prontuario, 2021. ....	40
Gráfica 21. Producción total de petrolíferos por refinería y porcentajes de utilización. Elaborada a partir de datos recuperados del Sistema de Información Energética de 2012 a 2023. ....	44
Gráfica 22. Importación nacional de los principales productos petrolíferos, 2012-2023. SENER, 2023. ....	47
Gráfica 23. Porcentaje de importaciones de principales productos petrolíferos. 2016-2021 Elaborada con datos recuperados del SIE, 2021. ....	48
Gráfica 24. Consumo energético nacional por sector. SIE con datos de la SENER, 2021. ....	49
Gráfica 25. Demanda nacional de principales productos petrolíferos. SENER, 2023. ....	50
Gráfica 26. Balance de principales productos petrolíferos 2019-2023 [Mbpd]. SIE, 2023. ....	51
Gráfica 27. Promedio Anual de Inventarios nacionales. Estadísticas Hidrocarburos, 2022. ....	62
Gráfica 28. Número de vehículos de motor por entidad, 2022. ....	86
Gráfica 29. Relación de vehículos y estaciones de servicio por región, 2022. ....	87

## Índice de Tablas

Tabla 1. Total de reservas probadas. BP Statical Review, 2021. ....	22
Tabla 2. Comparación en producción 2019-2020 por región. BP Statical Review, 2021.....	25
Tabla 3. Producción de petróleo crudo 2007 – 2018. Prontuario, 2019.....	41
Tabla 4. Sistema Nacional de Refinación, México. Elaboración propia con datos del SIE, 2021. .....	42
Tabla 5. Políticas Vigentes en Materia de Almacenamiento. PPAMP, 2017. ....	53
Tabla 6. Políticas Vigentes en Materia de Almacenamiento. PPAMP, 2017 .....	55
Tabla 7. Regionalización y estados de la PPAMP. Elaboración propia basada en la PPAMP, 2017.....	60
Tabla 8. Capacidad de diseño de tanques de la TAR Nopala. ....	91
Tabla 9. Número de estaciones de servicio por radio.....	93
Tabla 10. Discretización de estaciones de servicio por radio. ....	95
Tabla 11. Modelos propuestos a la CRE de tarifas por flujo.....	97

# Capítulo 1

## Panorama mundial de crudo y petrolíferos

### 1.1 Definición de energía primaria

Se conoce como fuente de energía a la empleada para producir energía útil de manera directa o a través de una transformación, clasificándose en energía primaria y secundaria, respectivamente.

La energía primaria es aquella disponible en la naturaleza, es decir, aquella que se extrae directamente de los recursos naturales, ésta se clasifica en dos grandes grupos:

- *Fuentes renovables*

Refieren a la energía que puede emplearse sostenidamente en el tiempo sin riesgo (o con un riesgo mínimo) de que se agoten o extingan.

Entre ellas se considera a; la hidroenergía, la energía eólica, la solar, la biomasa; las cuales se aprovechan principalmente en la generación de energía eléctrica.

- *Fuentes no renovables*

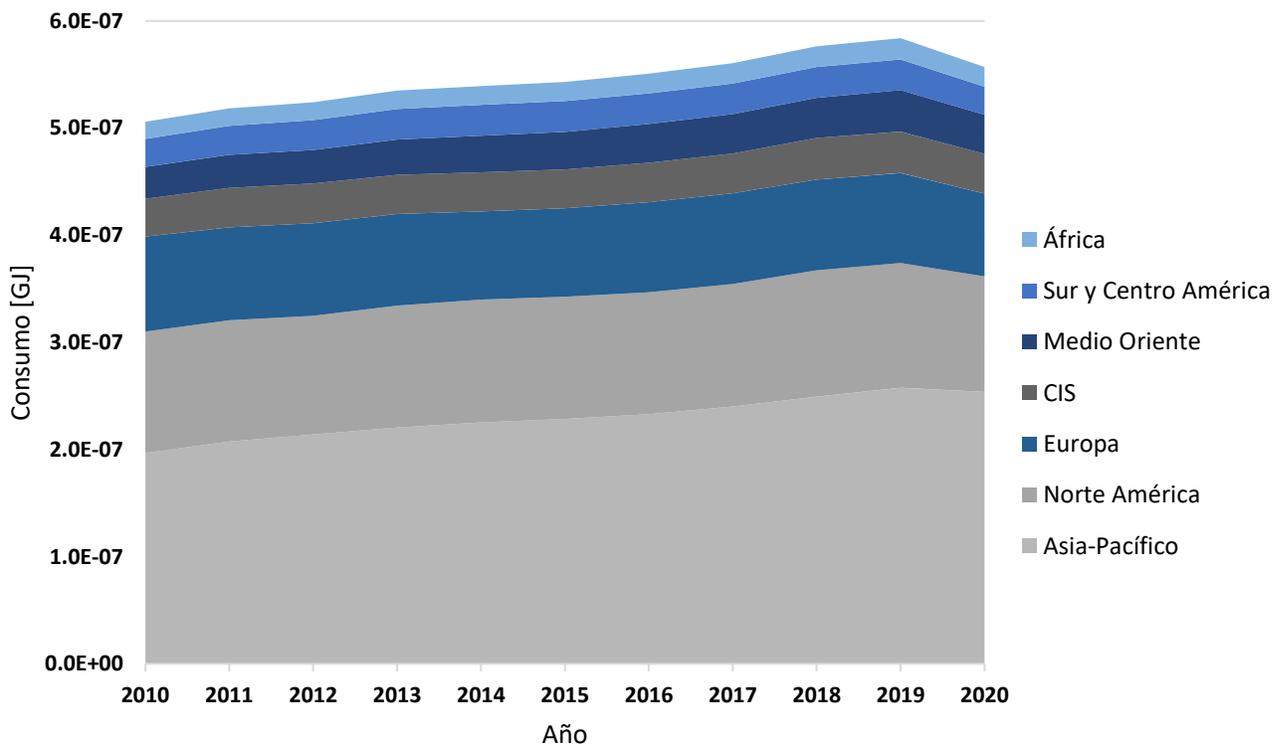
Estas se extraen de recursos naturales formados a partir de biomasa en el pasado geológico, como lo es el petróleo.

La energía primaria además de consumirse de manera directa también puede utilizarse como insumo para obtener productos o energía secundaria, lo cual se obtiene en los centros de transformación.

### 1.1.1 Perspectiva mundial de la energía primaria

Según el “*Statistical Review of World Energy 2021*” publicado por *British Petroleum (BP)*, en 2020 el comportamiento del consumo de energía primaria fue atípico respecto al histórico de crecimiento anual de cerca del 2%, esto debido a la actual situación por COVID-19, obteniéndose un decremento equivalente al 4.6% respecto a 2019.

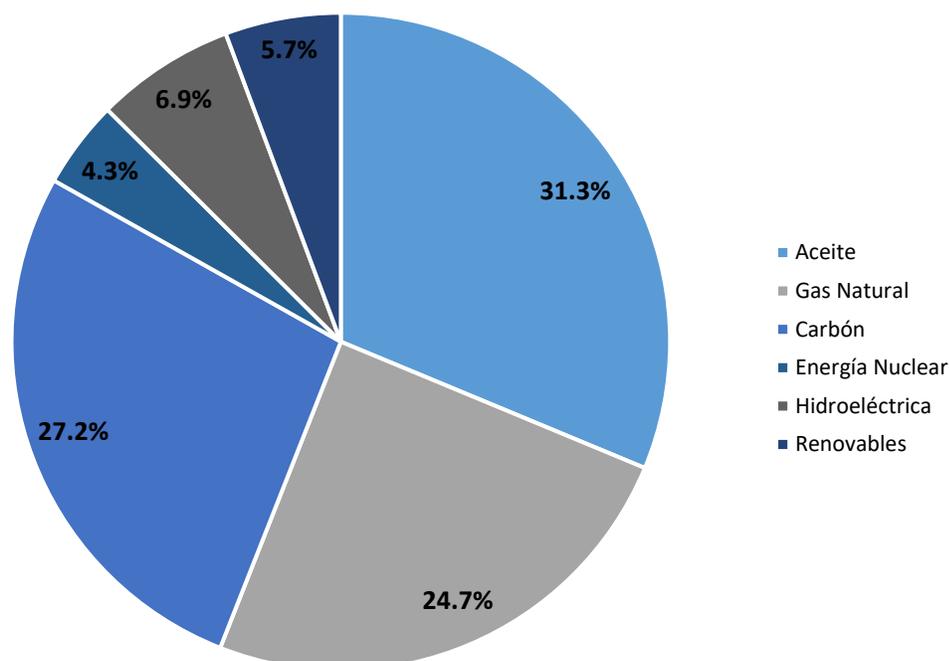
Esta desaceleración fue más notoria en los mercados energéticos de Norte América, Sur y Centro América, así como en Europa con decrementos del 8% y 7.8% (gráfica 1).



1 Gigajoule [GJ] =  $1 \times 10^9$

Gráfica 1 . Historial del consumo de energía por región [GJ], BP Statistical Review of Energy World, 2021.

El consumo mundial de este mismo año (gráfica 2) estuvo liderado por China, con un 26%, seguido por Estados Unidos con el 15.8% e India con el 5.7%. El aceite fue la fuente de energía con más contribución, continuando como pilar de la matriz energética mundial con una participación de 31.3% (1.8% por debajo de 2019), seguido del carbón con 27.2%, gas natural con 24.7% y finalmente, una participación de hidroeléctrica de 6.9%, renovables con 5.7% y nuclear con 4.3% (BP, 2021).

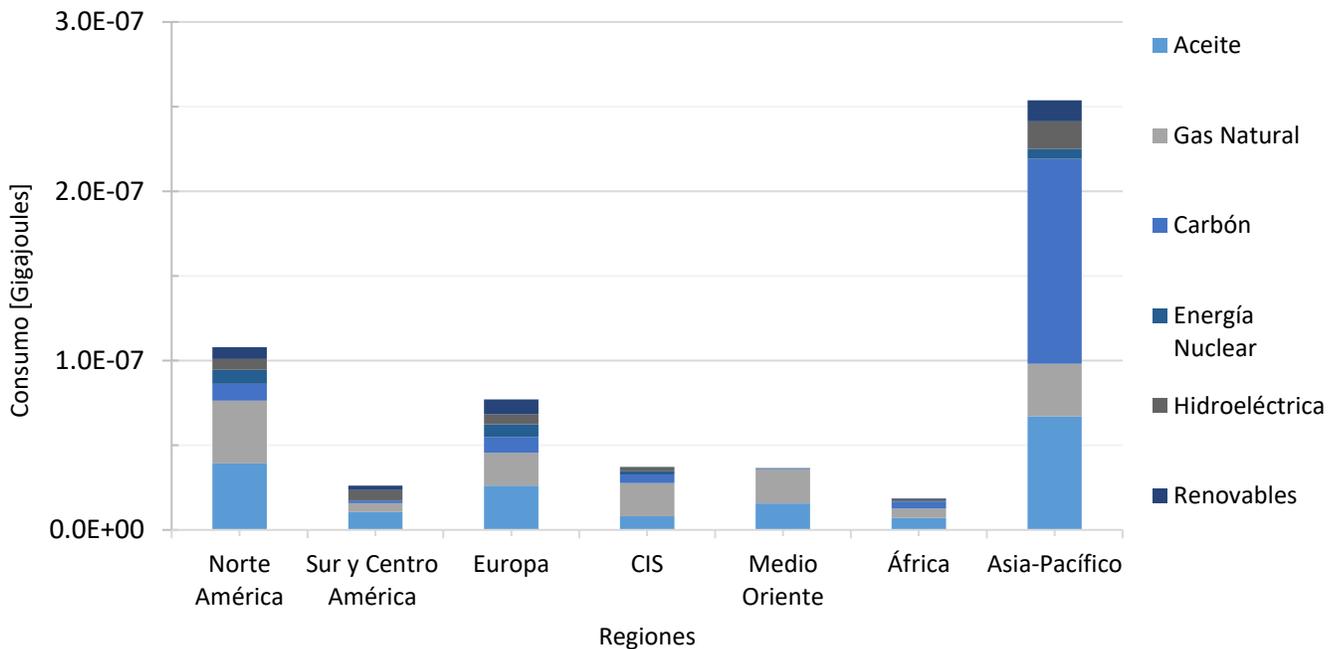


Gráfica 2. Consumo global de los tipos de combustibles, BP 2021

En cuanto a regiones, el aceite fue el combustible dominante en Europa, Norte América, Sur y Centro América y África, mientras que el uso de gas natural se ha posicionado como el combustible dominante en las regiones CIS<sup>2</sup> y Medio Oriente, abarcando poco más de la mitad de su matriz energética. Por otro lado, el carbón posee su mayor impacto en la región de Asia-Pacífico, donde China e India son los principales usuarios. Finalmente, las energías renovables

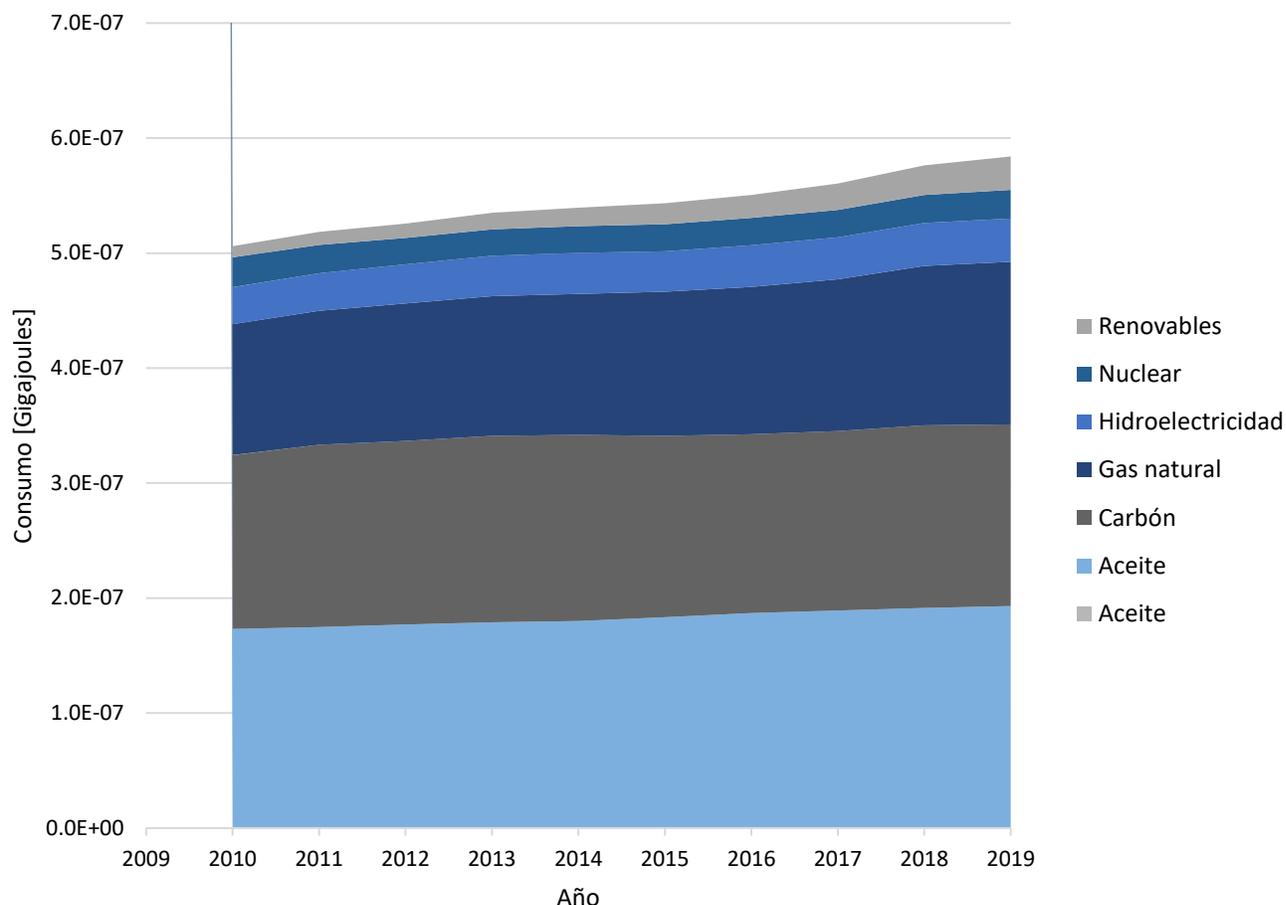
<sup>2</sup> Siglas en inglés para referirse a la Comunidad de Estados Independientes

están tomando un papel importante en cada una de las regiones, especialmente en la región de Asia-Pacífico, Europa y Norte América (BP, 2021).



Gráfica 3. Consumo por tipo de combustible, BP 2021

A fin de conocer el comportamiento ordinario del consumo mundial, es decir, sin la alteración a causa de la pandemia, se analizó el periodo 2018 - 2019, donde se observa el incremento de la demanda de energía (aproximadamente 2%), el cual se cubrió en gran parte con fuentes de energía renovable y gas natural.



Gráfica 4. Historial del consumo mundial por tipo de energía, BP Statical Review of Energy World, 2021

## 1.2 Petróleo crudo

### 1.2.1 Generalidades del crudo

El petróleo crudo se define como la mezcla de compuestos hidrocarburos<sup>3</sup> naturales presentes en las rocas, el cual puede presentar impurezas tales como compuestos de azufre (S), oxígeno (O<sub>2</sub>) y nitrógeno (N<sub>2</sub>), que son capaces de modificar considerablemente sus propiedades fisicoquímicas.

<sup>3</sup> Compuesto orgánico natural, comprendido por hidrógeno y carbono. Los hidrocarburos más comunes son el gas natural, petróleo y carbón. (Oilfield Glossary, SLB)

Actualmente, es la fuente de energía más importante, además de que gran parte de sus subproductos son utilizados diariamente para la producción de combustibles como el diésel, la gasolina y la turbosina; así como en la generación de una amplia variedad de otros productos refinados como fertilizantes agrícolas, plásticos, cosméticos, detergentes, ropa, pinturas, entre otros. La figura 1 (Oiltanking, 2015) muestra algunos derivados obtenidos durante la refinación de petróleo crudo.

### Derivados del proceso de refinación del petróleo



Figura 1. Derivados del proceso de refinación del crudo. El proceso de refinación de petróleo. Oiltanking, 2015.

El papel vital que ha jugado el petróleo en la economía por más de 100 años se debe a que produce energía muy rentable por su alta calidad y costos bajos en comparación con la mayoría de las otras fuentes de energía. Cabe resaltar que en los últimos años, se ha visto que la energía solar ha tenido un rápido crecimiento y sus costos se han reducido casi el 90%, por lo que esta energía, en la escala de servicios públicos es la más limpia y barata, en comparación con el gas natural, el carbón y la energía (Foundation for Economic Freedom, 2021).

## 1.2.2 Reservas

### 1.2.2.1 Definición de reservas

Las reservas se entienden como la cantidad de petróleo que se anticipa como recuperable comercialmente mediante proyectos de desarrollo en acumulaciones conocidas, desde una cierta fecha en adelante y bajo condiciones definidas (*Petroleum Resources Management System, 2018*). Las reservas se categorizan de acuerdo con su nivel de certidumbre, obtenido a partir de datos de geociencias e ingeniería, como:

- **Reservas probadas:**  
Se estiman con certeza razonable de ser recuperables comercialmente. Existe por lo menos un 90% de probabilidad de que las cantidades realmente recuperadas igualen o excedan las estimaciones 1P.
- **Reservas probables:**  
Se estiman menos probables de ser recuperables comparadas con las reservas probadas. Existe por lo menos una probabilidad de 50% de que las cantidades reales recuperadas igualen o excedan las estimaciones 2P.
- **Reservas posibles:**  
Son menos probables de ser recuperadas comparadas con las reservas probables. Existe por lo menos una probabilidad de 10%, de que las cantidades reales recuperadas igualen o superen la estimación 3P.

La figura 2 muestra los pasos a seguir para realizar una estimación de reservas:



Figura 2. Proceso de estimación de reservas. CNH, 2019.

### Sistema de clasificación de la PRMS<sup>4</sup>

Este es un sistema (figura 3) que promueve una metodología uniforme para clasificar recursos y reservas, incluye conceptos, estándares, criterios y procedimientos matemáticos, técnicos y científicos para la estimación y verificación de reservas de hidrocarburos. Este sistema permite la clasificación de proyectos por volúmenes originales totales en dos categorías; descubierto y no descubierto, luego subdivide en Comerciales y Subcomerciales, para posteriormente definir las clases de recursos recuperables y no recuperables a los que se asocian (PRMS, 2028)

### Sistema de clasificación PRMS

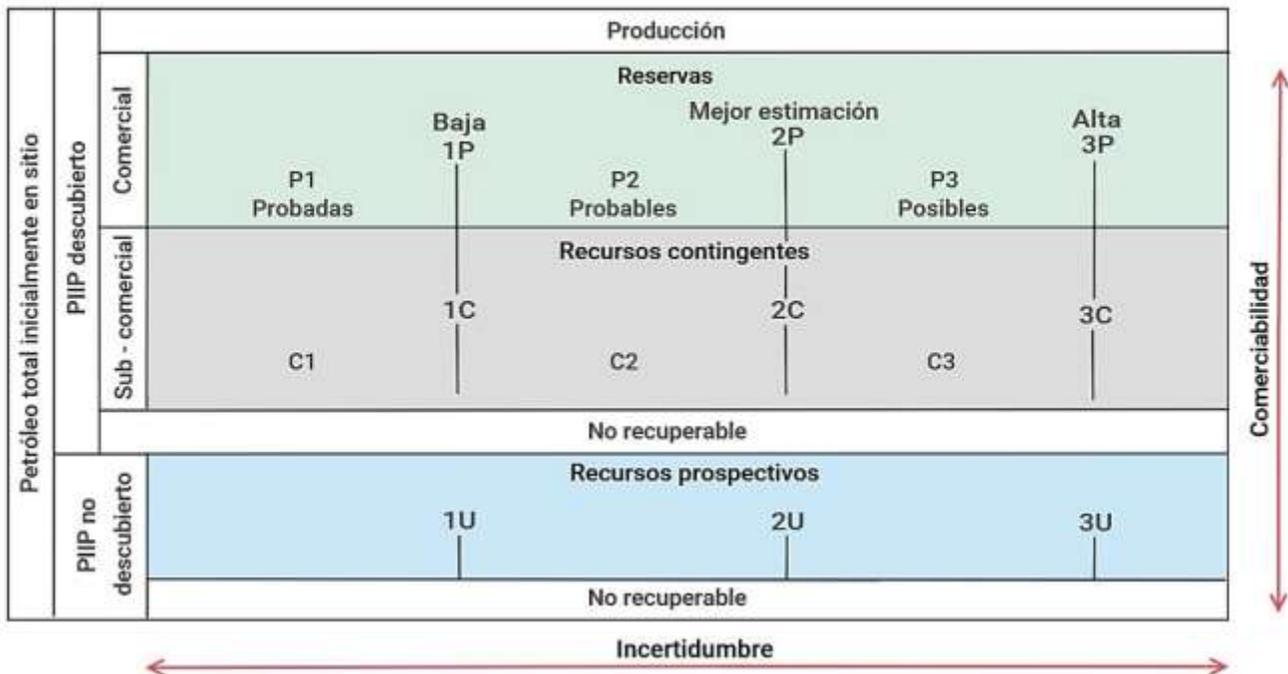


Figura 3. Clasificación de reservas. PRMS, 2018.

#### 1.2.2.2 Reservas mundiales

En cuanto a reservas mundiales respecta, la región de Medio Este (la cual incluye a países como Irán, Irak, Kuwait y Arabia Saudita) es la que posee el mayor número de éstas, sumando un total de 836 [MMMbbbls] equivalentes con una participación del 48.3% a nivel mundial para 2020 (tabla 1). Cabe mencionar que Arabia Saudita ocupa el segundo lugar con

<sup>4</sup> Petroleum Resources Management System

el mayor número de reservas a nivel mundial, razón que la que este país tiene un rol determinante en la geopolítica de la región (BP, 2021).

Tabla 1. Total de reservas probadas. BP Statical Review, 2021.

Total de reservas probadas					
	Finales 2000	Finales 2010	Finales 2019	Finales de 2020	
	[MMMbbbs]	[MMMbbbs]	[MMMbbbs]	[MMMbbbs]	Participación
Medio Este	696.7	765.9	836.0	835.9	48.3%
Sur y Centro América	96.0	320.1	324.0	323.4	18.7%
Norte América	236.5	220.3	243.9	242.9	14.0%
CIS	120.1	144.2	146.2	146.2	8.4%
África	92.9	124.9	125.0	125.1	7.2%
Asia Pacífico	37.7	47.8	45.3	45.2	2.6%
Europa	21.0	13.6	14.2	13.6	0.8%
<b>Total mundial</b>	<b>1,300.9</b>	<b>1,636.8</b>	<b>1,734.6</b>	<b>1,732.3</b>	<b>100%</b>

La segunda gran aportación a la reserva mundial equivalente al 18.7% corresponde a Sur y Centro América, región a la que pertenece Venezuela, país con la mayor cantidad de reservas mundiales (mapa 2), misma que a pesar de poseer esta gran cantidad de petróleo, las políticas propias del país, las sanciones provenientes principalmente de Estados Unidos, la falta de reinversión en la industria petrolera y la caída de los precios del petróleo le impide, al día de hoy, sacar provecho de ésta.

Luego, como tercer lugar en la lista se encuentra Norte América con una participación aproximada del 14%. En esta región se encuentra Canadá, país que ocupa el tercer lugar con el mayor número de reservas a nivel mundial y Estados Unidos que a pesar de no poseer una reserva considerable juega un papel muy importante en la industria de extracción. Y seguido en la lista se encuentra CIS con una participación del 8.4%, África con 7.2%, y finalmente Europa y Asia con un 2.6% y 0.8%, respectivamente (BP, 2021).

## Top 10 Reservas Mundiales

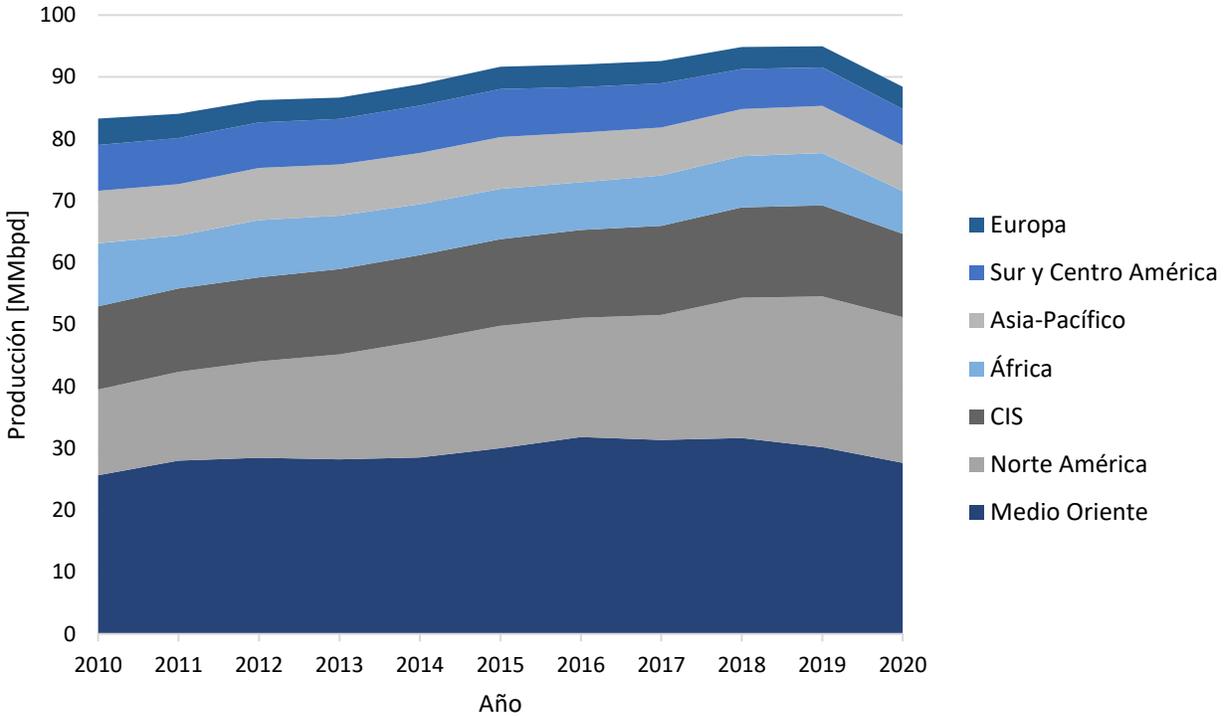


Mapa 1. Top 10 de reservas 2020. BP Statical Review, 2021.

## 1.2.3 Oferta

### 1.2.3.1 Producción

Para 2020, el 31.3% de la producción mundial provino del Medio Oriente, colocándolo como el mayor contribuyente de hidrocarburos, al igual que en 2019 y años anteriores, en segundo lugar se encontró América del Norte con 26.6%, Arabia Saudita y EEUU fueron los principales contribuidores de estas dos regiones y las regiones con menor contribución fueron Europa y Sur & Centro América con 4% y 6.6%, respectivamente (gráfica 5).



Gráfica 5. Producción mundial de aceite. BP Statical Review, 2021.

Top 10 Producción Mundial



Mapa 2. Top 10 de países con mayor producción de aceite en el mundo 2020. World Oil Review, 2021.

Comparados con el año 2019, la producción de las todas las regiones, exceptuando Europa, se encontró en números negativos debido a la crisis provocada por la pandemia de COVID-19, siendo África, CIS y Medio Oriente las regiones con mayores caídas.

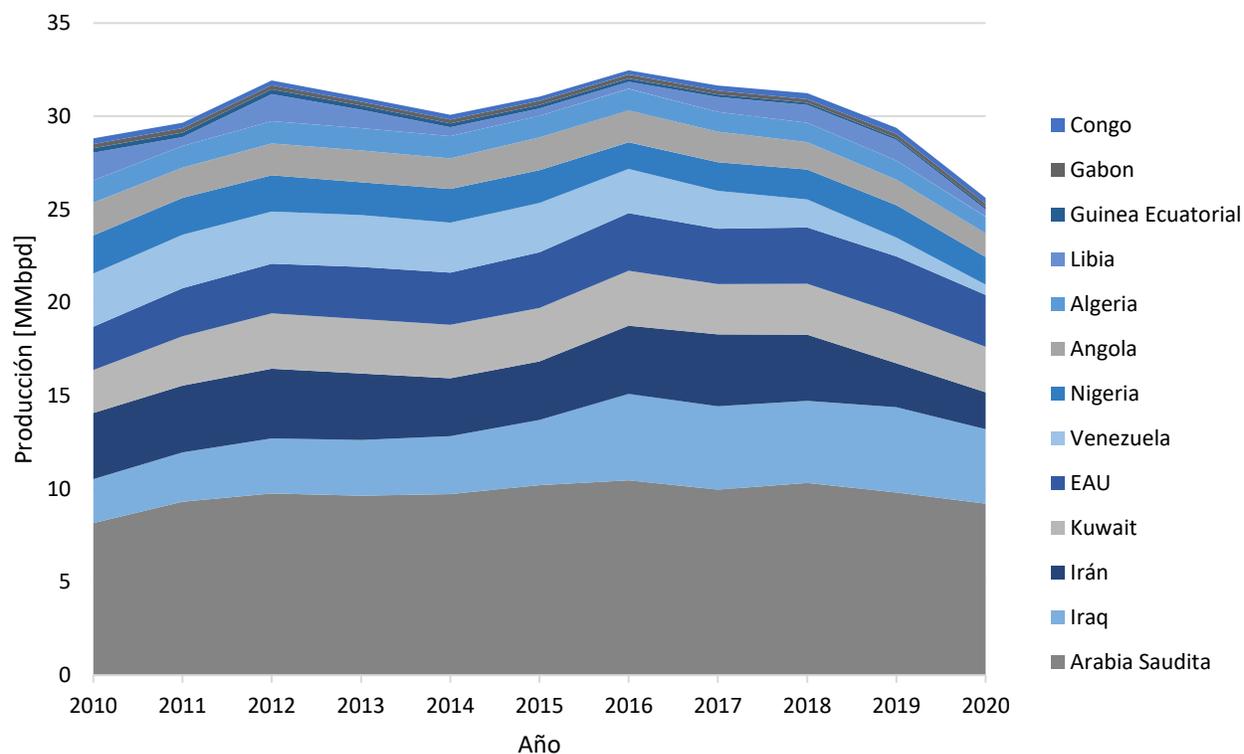
Tabla 2. Comparación en producción 2019-2020 por región. BP Statical Review, 2021.

Comparación producción de crudo 2019-2020	
	$\Delta$ 2019-2020
Región	%
Europa	4.5%
Asia-Pacífico	-2.7%
Norte América	-3.5%
Sur y Centro América	-5.9%
Medio Oriente	-8.3%
CIS	-8.4%
África	-18.8%

De manera general, la producción global de aceite cayó. En 2020, la demanda global de petróleo cayó y se produjeron 6,571 Mbpd menos, es decir 6.9% por debajo de 2019. Esta disminución, se debió a las restricciones en movilidad, y se vio claramente reflejada en el volumen de importaciones mundiales. Los países que se encontraron en total paro por la contingencia han experimentado un declive en la demanda de energía de 25% en promedio.

En esta caída estuvo involucrado el fuerte crecimiento en producción de países no-OPEP, liderado por EEUU con 1.7 MMbpd<sup>5</sup>. Este hecho fue compensado por el declive más grande de la OPEP desde 2009 (2 MMbpd), donde Irán, Venezuela y Arabia Saudita tuvieron las caídas más drásticas, debido a sanciones, dificultades económicas y recortes en producción. La producción de los países OPEP ha continuado en declive desde hace más de 6 años, aportando para 2020 sólo un 35% del total, mientras los no-OPEP un 65% aproximadamente.

<sup>5</sup> Millones de barriles por día



Gráfica 6. Producción de aceite de países OPEP. OPEC MOM, 2020.

### 1.2.3.2 Importación

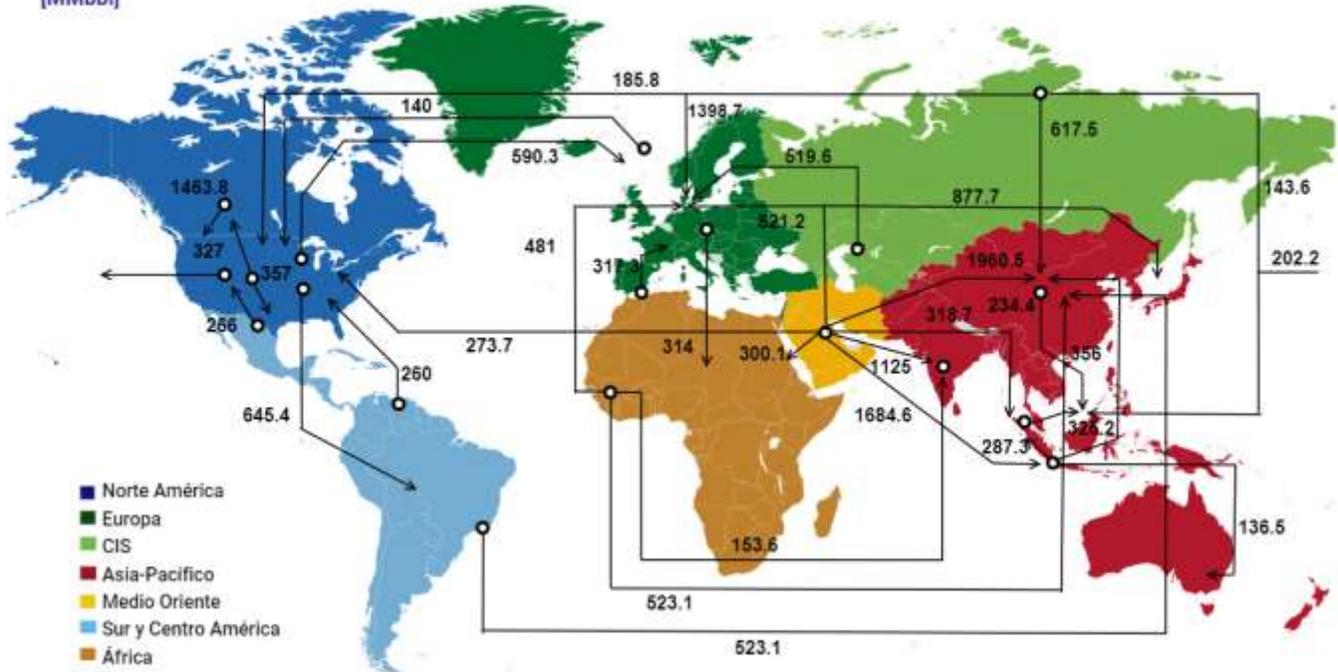
América del Norte y Asia-Pacífico son las regiones que más petróleo consumen, a pesar de que ocupan el tercer y sexto lugar en cuanto a reservas, respectivamente, estos países dependen en gran medida de la importación de hidrocarburos. Los mayores movimientos comerciales de petróleo van desde Medio Oriente hacia Europa, Asia-Pacífico y Estados Unidos, y de Rusia hacia Europa (BP, 2021).

El mapa 3 indica los principales movimientos comerciales de petróleo en millones de barriles (MMbbl) de 2020, incluidos tanto el petróleo crudo como sus productos derivados y se observa que China e India importan más petróleo que toda Europa junta. Desde 2017, China se ha convertido en el principal comprador global de petróleo, dejando en segundo lugar a Estados Unidos (BP Statical Review, 2021). En 2020, las importaciones totales de petróleo de China subieron un 7.3% a pesar del impacto que tuvo el COVID-19, con cifras récord en el segundo y tercer trimestre. Este aumento de compras fue a causa de varios factores: en primer lugar, las

refinerías estatales ampliaron sus operaciones y en segundo, operadores de nuevas instalaciones de almacenamiento vieron una oportunidad en un periodo de fuerte demanda local y bajos precios. Arabia Saudita, Rusia e Irak son los principales proveedores de petróleo de China (BP, 2021).

### Principales Movimientos Comerciales

[MMbbl]

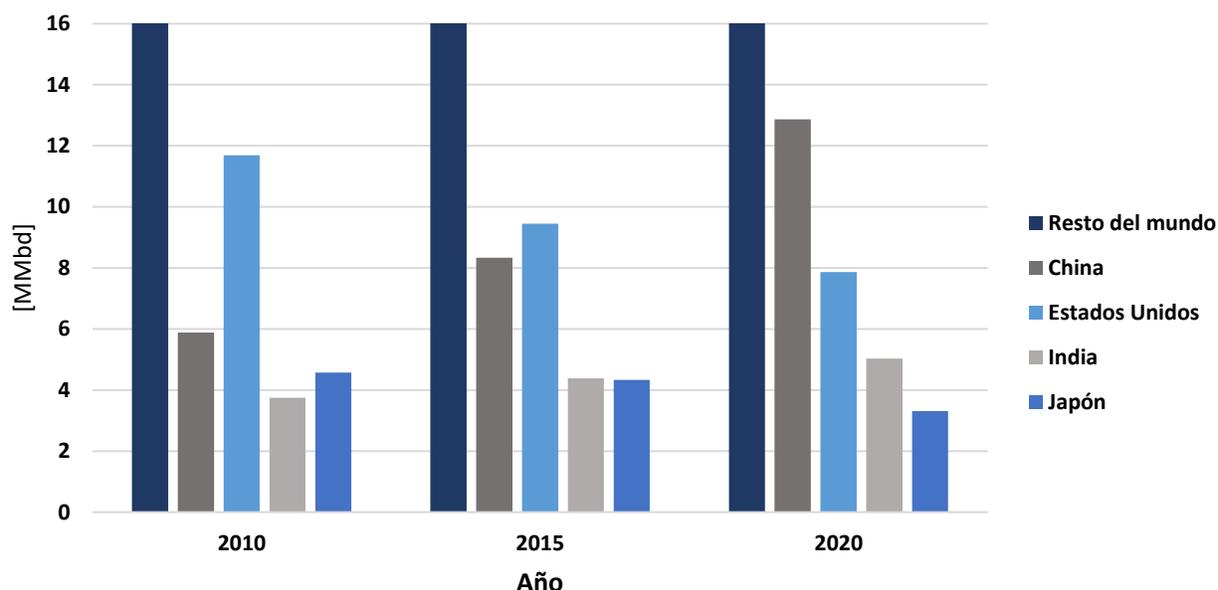


Mapa 3. Principales movimientos comerciales en el mundo 2020. BP Statical Review, 2021.

En 2017 Estados Unidos se colocó como, el mayor productor de petróleo en el mundo, desbancando a Arabia Saudita. Un diferenciador entre estos dos países es que casi toda la producción del Medio Oriente se destina a la exportación, para satisfacer cerca de un tercio del consumo mundial, mientras que Estados Unidos destina casi toda su producción al consumo interno. Los cambios en la producción y comercio del país, tanto para el petróleo crudo como para sus productos derivados, han resultado en una disminución constante a lo largo de los años de las importaciones totales; sin embargo, Estados Unidos sigue siendo un importador neto de petróleo crudo (aunque exporta más productos derivados de petróleo de los que importa), introduciendo principalmente crudos pesados con alto contenido de azufre que la

mayoría de sus refinerías están configuradas para procesar. Más del 60% de las importaciones provienen de Canadá y México.

India es el tercer mayor consumidor de petróleo del mundo después de China y Estados Unidos. Este país importa actualmente el 80% del combustible que consume. La proyección de su demanda de petróleo indica que crecerá a una tasa anual del 4% durante el periodo 2016-2030 frente al promedio mundial del 1%, por lo que se pronostica que la India superará a China y se convertirá en uno de los mayores centros de consumo de petróleo en 2024 (BP, 2021).

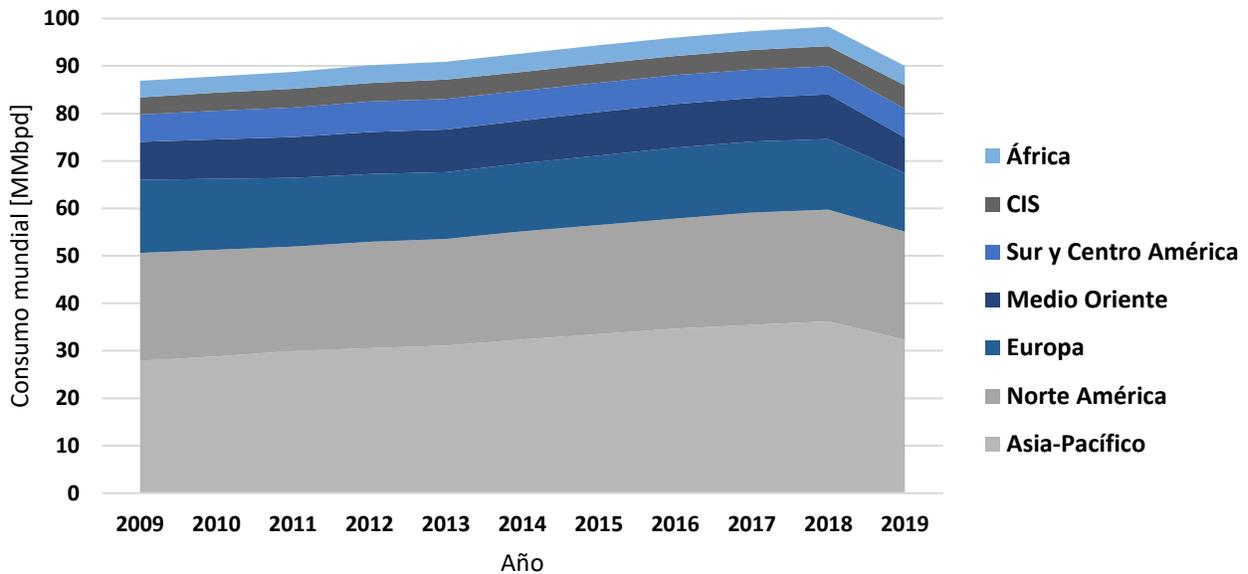


Gráfica 7. Mayores Importadores de Petróleo en el Mundo. Elaborada con datos de BP Statical Review, 2021.

### 1.2.4 Demanda

Históricamente la demanda de aceite ha sido bastante significativa debido a que satisface gran parte de la matriz energética mundial y se mantiene en constante crecimiento debido al aumento en la población. Como se observa en la gráfica 8, la región más demandante en 2019 fue Asia-Pacífico, según datos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la cual posee el 61% de la población mundial (China con 19% e India con 18% de la población mundial). En segundo lugar se encuentra América del Norte que, a pesar de representar sólo el 5% de la población mundial, posee gran cantidad de industrias. La región menos demandante es África que a pesar de contar con aproximadamente el 20% de la población mundial y contar con la

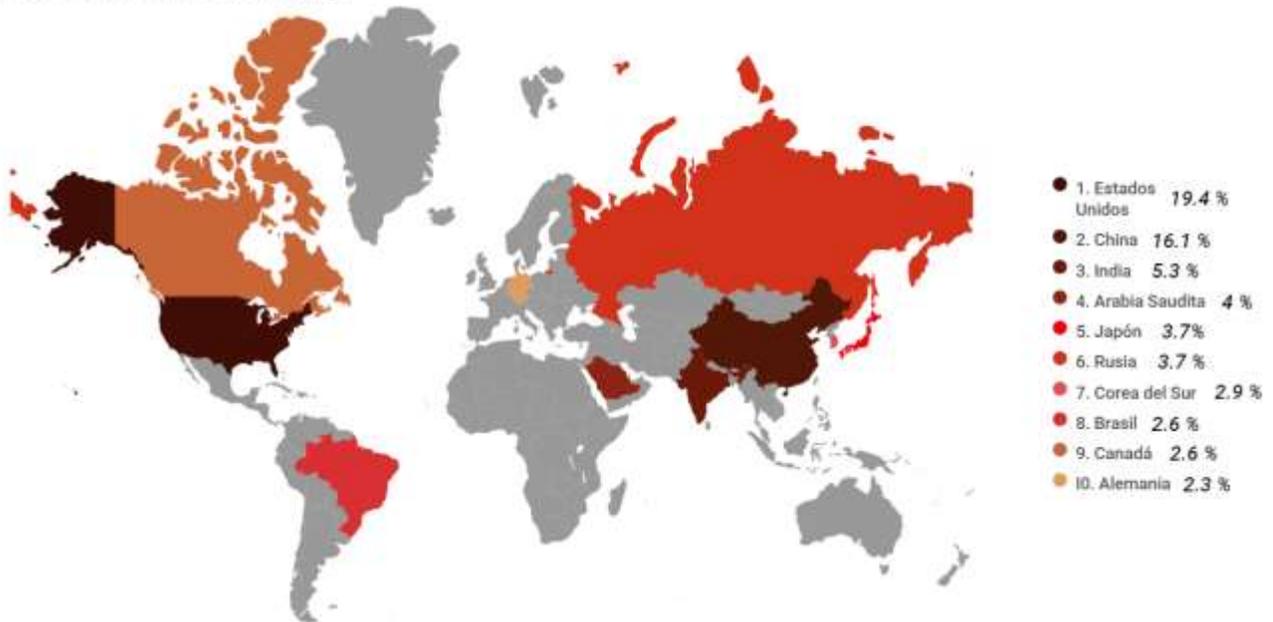
tasa de crecimiento demográfico más alta en sus principales regiones, posee escasez industrial. (BP, 2020).



Gráfica 8. Consumo mundial de aceite. BP Statical Review y OPEP MOMR, 2020.

Como se mencionó anteriormente respecto a los principales movimientos comerciales, Estados Unidos, China e India son los países que más importan crudo, lo que significa que su demanda interna es grande y su producción insuficiente.

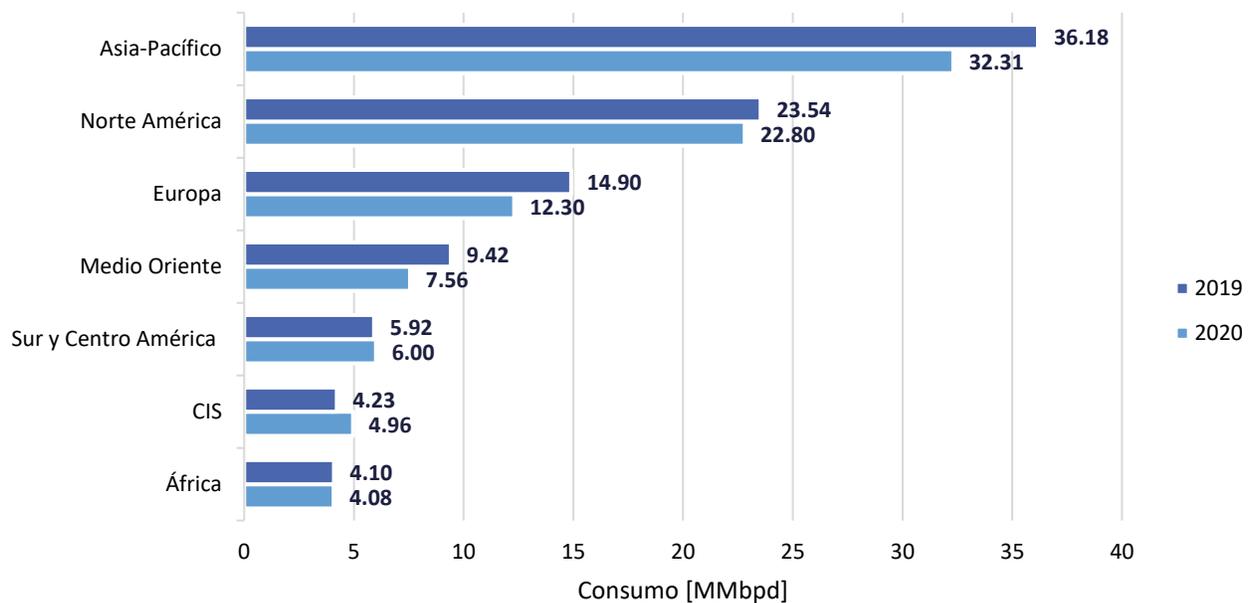
### Top 10 Consumo Mundial



Mapa 4. Top 10 de países con mayor consumo de aceite en el mundo 2019. World Oil Review, 2020.

A lo largo del tiempo, la demanda ha sido variable, por ejemplo, en el periodo 2009-2019 han sido positivas en regiones como Asia-Pacífico, África, Medio Oriente y CIS; sin embargo, también han existido épocas con disminuciones significativas. Esta tendencia negativa se ha vuelto a presentar en 2020, donde presenciamos turbulencias históricas en el mercado energético, debido a la interrupción de la vida normal causada por la pandemia por COVID-19.

Un indicador importante para conocer el comportamiento de la demanda mundial es la relación producción/consumo. De manera general, Medio Oriente y CIS son las regiones con mejor posición al evaluar esta relación. En estas regiones se encuentran Irak, Emiratos Árabes Unidos y Rusia; países que sobrepasan su producción de crudo en comparación con su demanda.



Grafica 9. Comparación del consumo mundial de aceite 2019-2020. BP Statical Review y OPEP MOMR, 2020.

### Producción/Consumo 2020



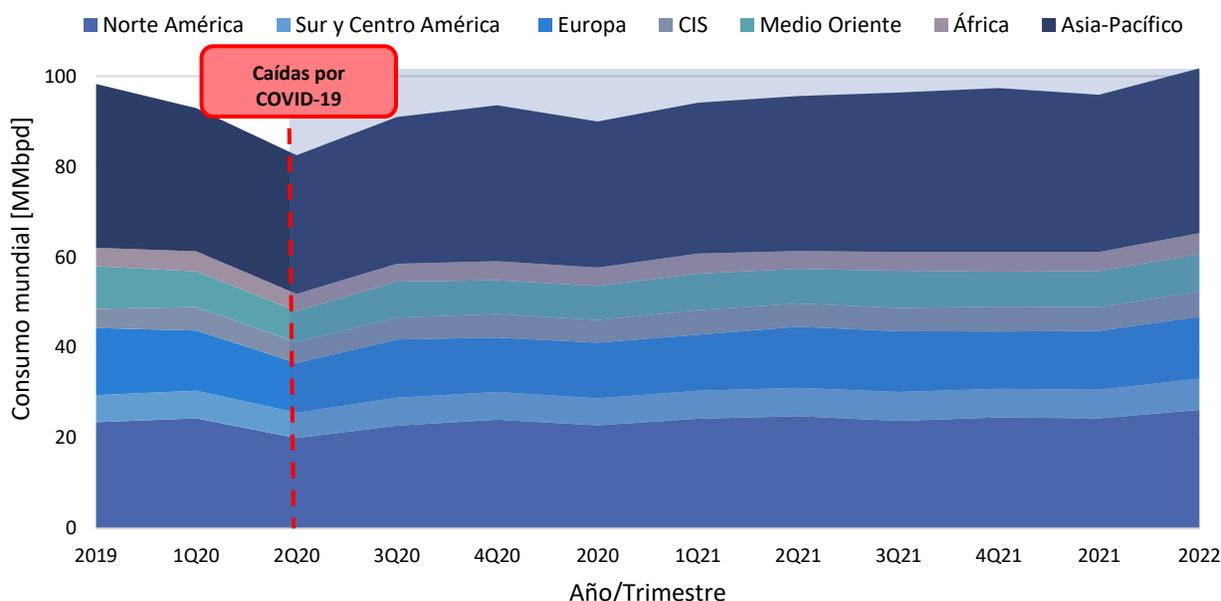
Mapa 5. Relación producción/consumo de aceite por región 2020. *World Oil Review*, 2021.

### 1.2.5 Caídas por COVID-19

A inicios de 2020, en Wuhan, China, inicia la pandemia por COVID-19. Para controlar el brote, se realizó la reducción y suspensión de actividades, disminuyendo con esto el consumo de aceite, golpe fuerte para la industria petrolera, considerando que este país es el consumidor de crudo más grande.

La pandemia de COVID-19 afectó a la economía mundial con más fuerza que cualquier evento desde la Segunda Guerra Mundial. A medida que los gobiernos de todo el mundo cerraron negocios y restringieron la libertad de movimiento, la demanda de energía se desplomó (BP Statical Review, 2022).

Mundialmente y a lo largo de 2020, se vieron acontecimientos históricos sin precedentes en la industria, las razones van desde la disminución de la demanda de petróleo tras la emergencia sanitaria por la pandemia, la guerra de precios entre países potencia de la producción mundial de petróleo, instalaciones de almacenamiento saturadas, involucrando hasta los mercados de futuros.



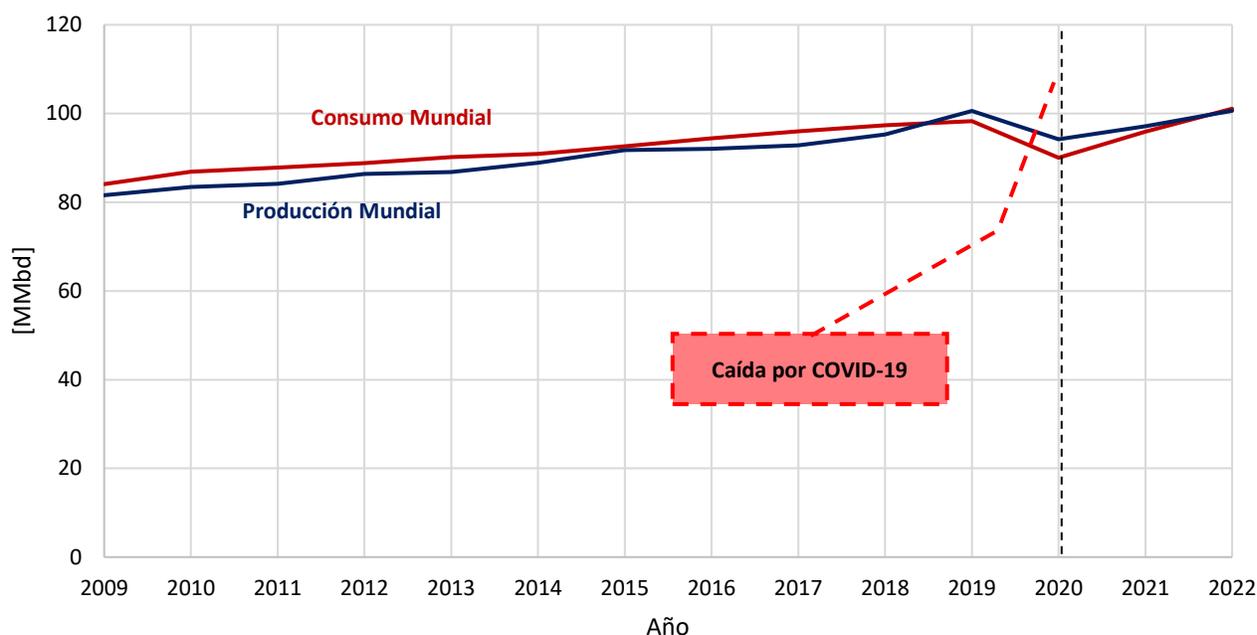
Gráfica 9. Consumo mundial de aceite 2020-2022. BP Statical Review y OPEP Monthly Oil Market Report (MOMR) en Q20<sup>6</sup>, 2022.

Según datos de la Agencia Internacional de Energía (AIE<sup>7</sup>), en el 2020 hubo una demanda de 91.2 MMbpd, esto es, 8.8 MMbpd por debajo de 2019. En el segundo trimestre del 2020 la demanda de aceite fue de 16.3 MMbpd por debajo del año anterior, situación que mejoró en el cuarto trimestre del 2020, teniendo una demanda tan sólo 6.2 MMbpd por debajo del 2019. Esta recuperación en la segunda mitad del 2020 se debió a la rápida recuperación de China, creciendo cerca de 0.7 MMbpd en el periodo.

<sup>6</sup> Cuatrimestre 2020

<sup>7</sup> La AIE es el Foro de Política Energética a nivel Mundial por excelencia, y que es un organismo dependiente de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), agrupa a 30 países, entre los cuales está México, que se convierte en miembro en 2018. Al estar dentro de la Agencia se tienen beneficios como: el acceso a las bases de datos y cooperación de la AIE, asesoría y recomendaciones en materia de política energética, colaboración en acciones colectivas en casos de emergencia energética y cooperación entre todos los participantes del mercado energético.

Los pronósticos indicaban que, dada la magnitud de la pérdida en el segundo trimestre de 2020, a finales de 2021 se volvería a los niveles de demanda de 2019, como se ve en la grafica 11. En 2022 la demanda de combustibles logra recuperarse e incluso alcanzar niveles más altos de demanda que los registrados antes de la pandemia por COVID-19.



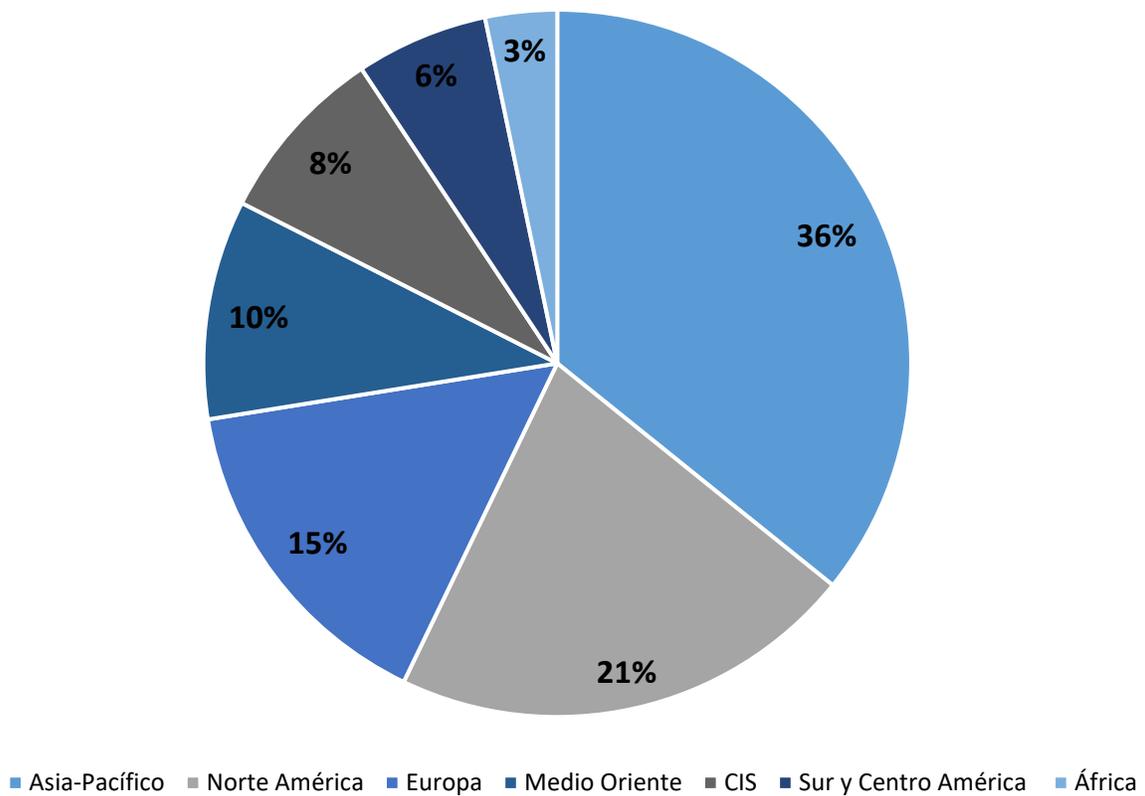
Gráfica 10. Producción vs consumo mundial 2009- 2022. Elaboración propia con datos de BP Statical Review, 2022.

## 1.3 Petrolíferos

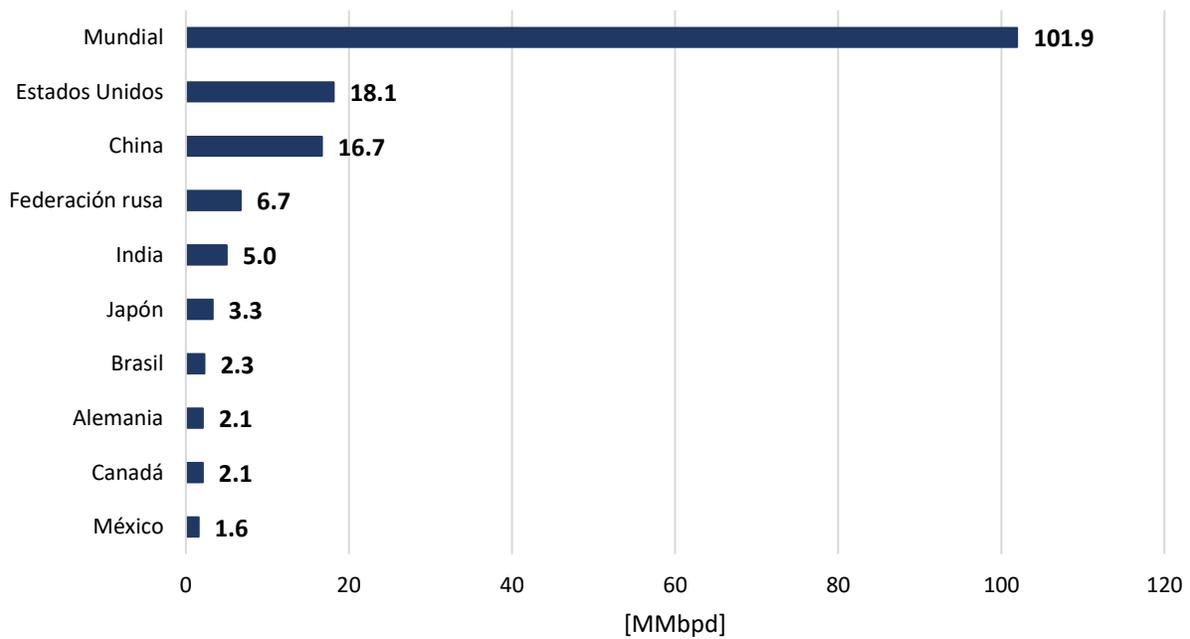
### 1.3.1 Oferta

#### 1.3.1.1 Refinación Mundial

La refinación de petróleo implica transformar el petróleo crudo en varios subproductos como gasolina, diésel, turbosina, combustóleo, entre otros. La capacidad de refinación mundial (gráfica 12) es de 101.9 MMbpd, siendo Asia-Pacífico la región de mayor aportación, con un 36% de la capacidad global de procesamiento, seguida por Norte América con 21%, Europa con 15% y Medio Oriente con el 10% (BP, 2021)



Gráfica 11. Capacidad de refinación mundial por región. BP, 2021.



Gráfica 12. Capacidad de producción de refinerías en el mundo en el 2020. Statical Review of World Energy, BP, 2021.

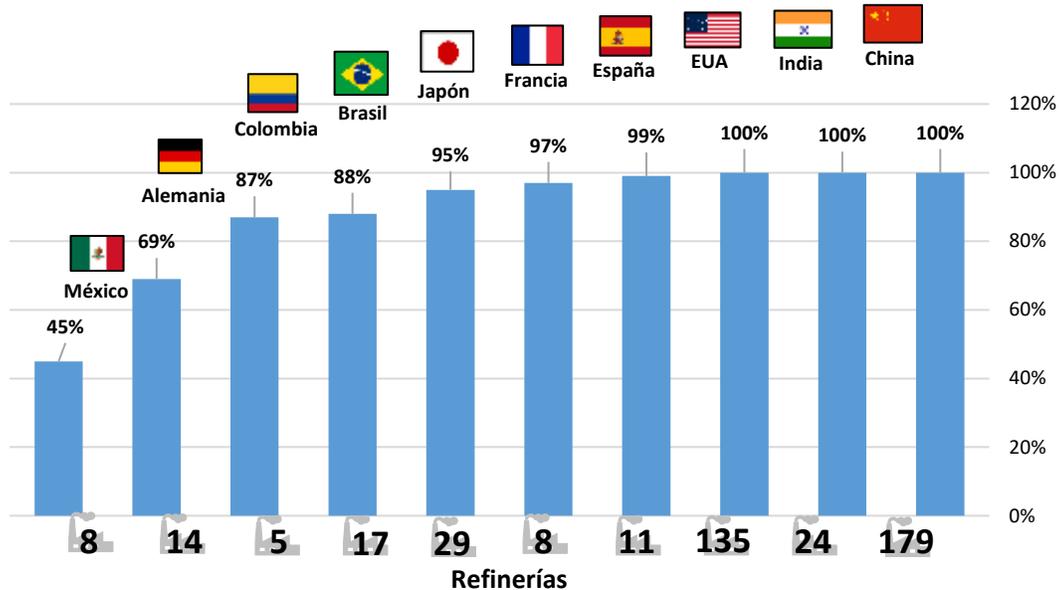
La gráfica 13 muestra la capacidad de producción de las refinerías de petróleo en países seleccionados en el año 2020. Estados Unidos fue el país con mayor capacidad de refinación y aunque el número de las mismas disminuyó considerablemente en la última década, su capacidad de refinación operable ha aumentado a 18.14 MMbpd.

Para 2020, existían aproximadamente 697 refinerías en el mundo. En la figura 4 se muestran las 10 refinerías más grandes del mundo, las cuales cuentan con una capacidad de refinación de medio millón de barriles diarios, con un total de 0.8 MMbpd. En la región de Asia se localiza el mayor número de refinerías de petróleo del mundo, entre las que destaca la refinería Jamnagar en India, propiedad de Reliance Industries, la cual es la refinería más grande del mundo y posee una capacidad de 1.2 MMbpd. La concentración de poco más del 50% de la población mundial en el continente asiático es sin duda, la causa de su alto nivel en esta actividad.



Figura 4. Las 10 refinerías más grandes del mundo. Elaborada con datos de recuperados de Periódico de la Energía, 2017.

La gráfica 14 presenta la distribución existente de refinerías en países seleccionados, así como la cobertura de la demanda de gasolina con producción nacional. Sobre este punto es importante considerar que el número de refinerías no influye en la capacidad de producción de gasolina de un país ni en la autosuficiencia de su demanda interna.

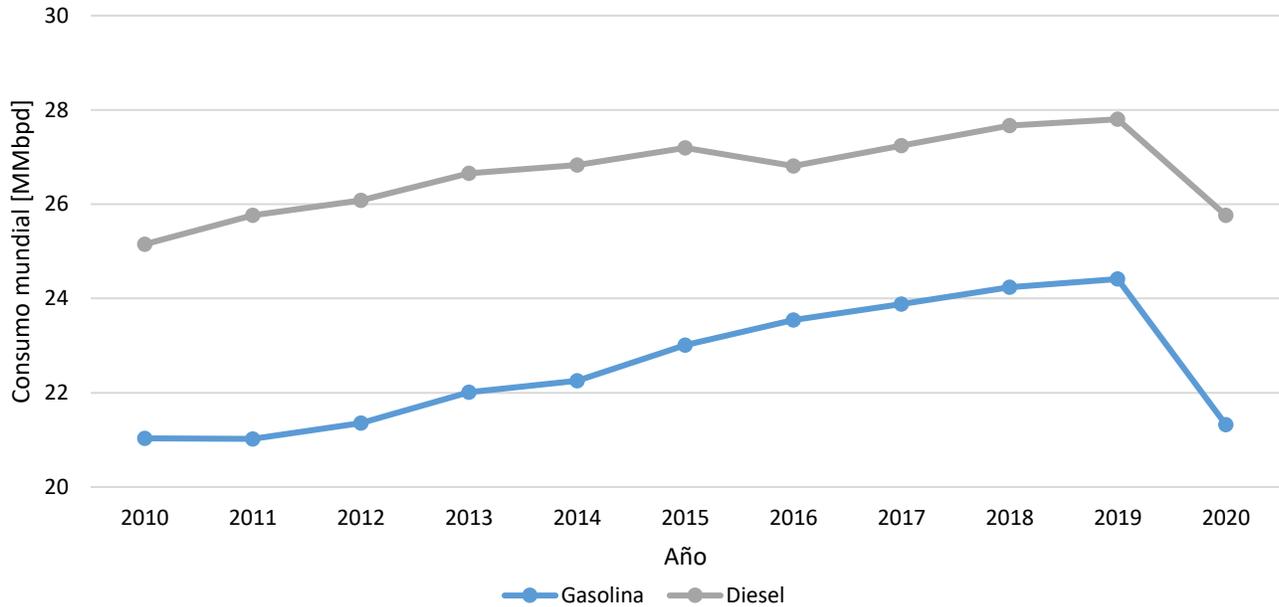


Gráfica 13. Cobertura de la demanda de gasolina con producción nacional, 2022. Elaborada con datos recuperados de CRE, 2022.

### 1.3.2 Demanda

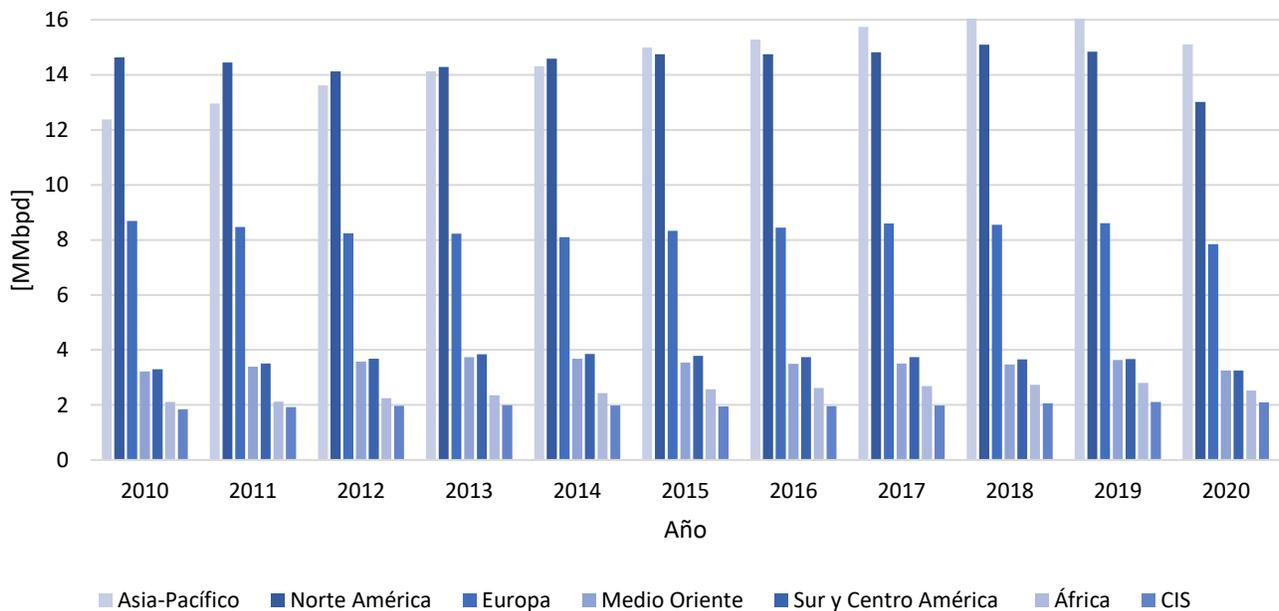
Al igual que el crudo, los petrolíferos cuentan con un valor agregado al ser comercializados con base en la demanda que poseen, misma que algunas veces resulta imposible satisfacer, por lo que es necesario recurrir a la importación. A nivel mundial, los subproductos de petróleo de mayor consumo son la gasolina y el diésel, esto debido a que los sectores de transporte e industrial son sus principales consumidores (BP, 2021).

Las gráficas 15 y 16 muestran la demanda mundial de gasolina y diésel durante el periodo de 2010 a 2020, observándose comportamientos muy similares entre ambos petrolíferos, además del evidente declive existente por situación de pandemia en el año 2019.



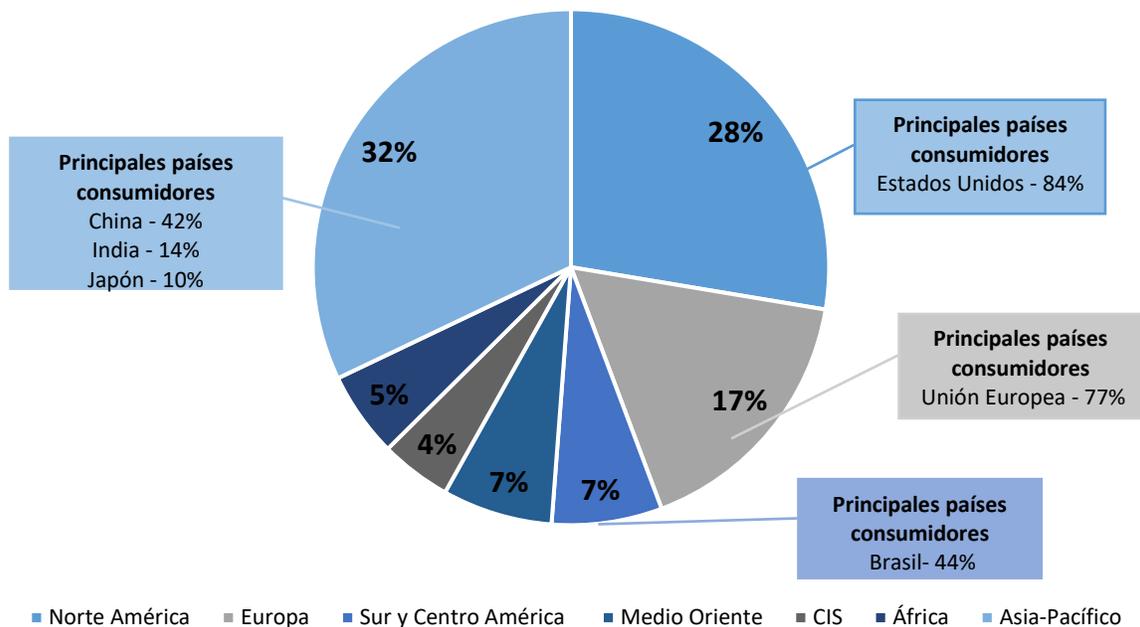
Gráfica 14. Demanda mundial de petrolíferos 2010-2020. BP, 2021.

A lo largo del tiempo, las cifras más representativas en cuanto a demanda de gasolina y diésel corresponden a las regiones de Asia Pacífico, Norte América y Europa, que en conjunto representan cerca del 77% del consumo mundial.

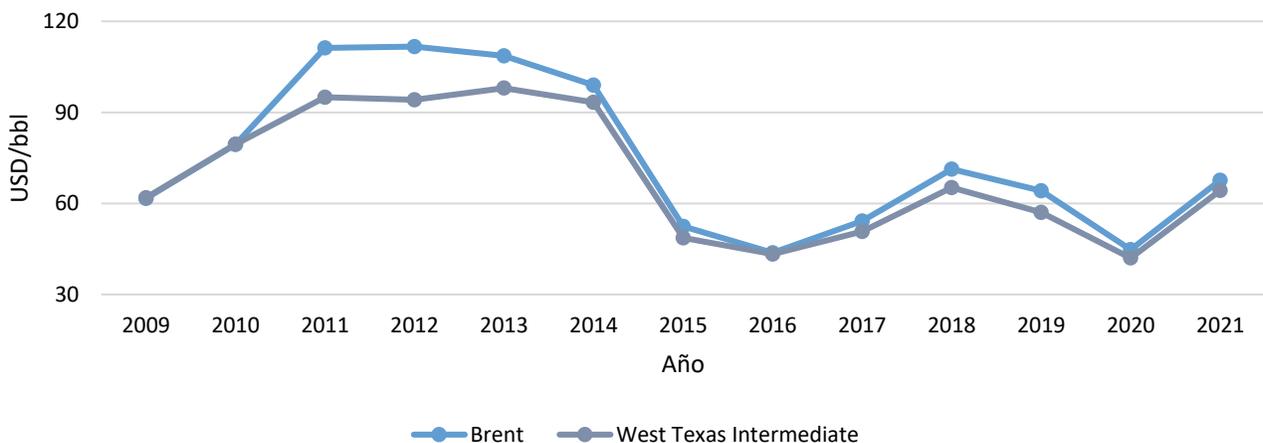


Gráfica 15. Consumo mundial de petrolíferos en millones de barriles por día 2010- 2020. BP, 2021.

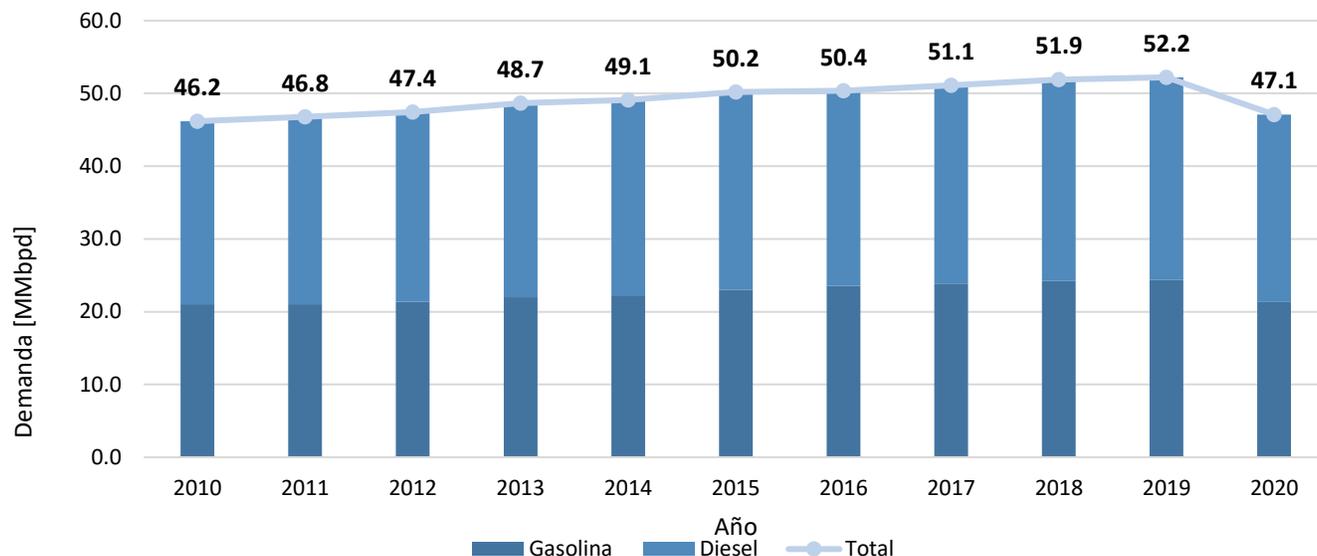
Aunado a lo anterior, la gráfica 17 se muestra los países con mayor impacto en la demanda de cada región. Analizando en conjunto los gráficos de demanda contra precio del barril se visualiza que el mercado de los combustibles fósiles, específicamente el de los petrolíferos, tiene un comportamiento inelástico, pues a pesar de las variaciones tan drásticas que han existido en los precios del barril a lo largo del tiempo, la demanda siempre se ha mantenido en constante aumento (gráfica 18).



Gráfica 16. Principales consumidores de petrolíferos, 2020. BP, 2021.



Gráfica 17. Precio del barril de petróleo crudo, 2009-2021. Elaboración propia con datos de BP, 2021.



Gráfica 18. Demanda mundial de petrolíferos 2010-2020. BP, 2021

### 1.3.3 Caídas por COVID-19

Como consecuencia de las medidas de bloqueo en la movilidad global, que representa el 57% de la demanda mundial de petróleo, ésta disminuyó a una escala sin precedentes (The world after COVID-19. Wood Mackenzie, 2020).

En el transporte por carretera, la demanda cayó entre un 50% y un 75%, mientras que la aviación mundial disminuyó hasta un 60% a finales del primer trimestre de 2020.

La gasolina fue el combustible con el impacto más significativo en la demanda debido a las medidas de contención. En los días posteriores a los bloqueos y otras restricciones de las ciudades más grandes del mundo, la movilidad terrestre se redujo drásticamente, lo que afectó a la demanda mundial de gasolina en 1.7 MMbpd en el primer trimestre de 2020 en comparación con 2019. En este mismo periodo, disminuyeron las ventas totales de automóviles, lo que en consecuencia continuó afectando la demanda de gasolina durante el resto del año, cayendo en total en 2.9 MMbpd. Por otro lado, la demanda de diésel a nivel mundial, empleada en camiones y barcos para transporte de mercancías, así como en el sector manufacturero, también se vio afectada por la contención, debido al cierre de establecimientos y paro de industrias; sin embargo, las actividades esenciales han permanecido abiertas, lo que compensó en parte el decremento de consumo (Wood Mackenzie, 2020).

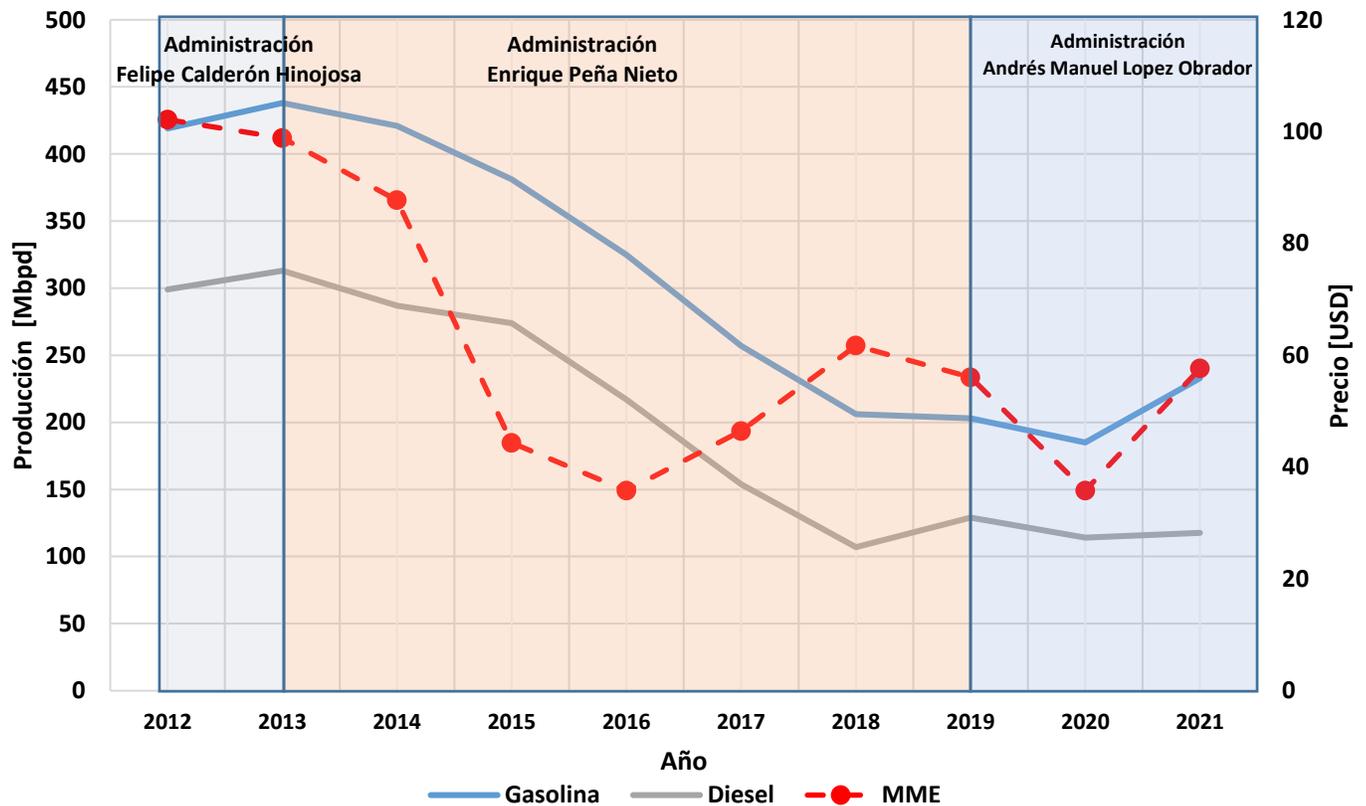
# Capítulo 2

## Mercado nacional de petrolíferos

### 2.2 Oferta nacional

#### 2.2.1 Producción

Como se observa en la gráfica 20, en el último año de administración del presidente Felipe Calderón Hinojosa, la producción de petrolíferos se mantuvo en incremento, mientras que, en la administración subsecuente, la de Enrique Peña Nieto, hubo un comportamiento en picada (SIE, 2021). Esta desaceleración se le atribuye a la Reforma Energética, con la que se buscaba establecer bases para construir un sector energético eficaz y eficiente, prometiendo seguridad energética a todo el territorio nacional.



Gráfica 19. Producción nacional de petrolíferos por administración. Sistema de Información Energética (SIE) y Prontuario, 2021.

Con la apertura del sector energético se invirtió en las áreas de exploración y producción, sin embargo, la iniciativa de elevar la producción nacional de hidrocarburos resultó inasequible.

En ese mismo sexenio se dejó de producir una cantidad significativa de petróleo crudo, debido a que se presentaron dos grandes problemas que debilitaron la producción: el declive del mega yacimiento Cantarell y la crisis del precio del barril.

De manera específica, se prometió elevar la producción de crudo de 2.5 a 3 [MMbpd] para 2018, meta que quedó corta, pues se obtuvo un promedio de 2.22 [MMbpd], 18% menos que la obtenida en la administración de Calderón, obteniéndose las mayores caídas en el crudo pesado, seguida del ligero y finalmente el crudo súper ligero (tabla 3).

Tabla 3. Producción de petróleo crudo 2007 – 2018. Prontuario, 2019.

<b>Producción de petróleo crudo en PEMEX</b> [Miles de barriles por día]			
	<b>Promedio [Mbpd]</b>		<b>Variación</b>
<b>Tipo</b>	<b>2007-2012</b>	<b>2013-2018</b>	
<b>Pesado</b>	1618	1176.9	-27%
<b>Ligero</b>	813	785	-3%
<b>Superligero</b>	272.7	267.4	-2%
<b>Total</b>	2703.7	2229.3	-18%

Por otro lado, la administración actual, de Andrés Manuel López Obrador apostó por el rescate de la industria petrolera nacional con diversos proyectos, mismos que como se observa en la gráfica 20, han favorecido en la producción de petrolíferos.

### 2.2.1.1 Producción en el Sistema Nacional de Refinación

Una refinería es una instalación industrial que permite convertir, usando diferentes procesos de separación y conversión, el petróleo crudo en productos derivados que luego son comercializados. La refinación transforma el petróleo crudo en varios componentes, que son reconfigurados de manera selectiva en nuevos productos, a través de procesos químicos y físicos (Organización Latinoamericana de Energía, 2018).

Tabla 4. Sistema Nacional de Refinación, México. Elaboración propia con datos del SIE, 2021.

Refinería	Ubicación	Zona geográfica	Tipo de crudo que procesan	Estado	Inicio de Operaciones
<b>Ing. Antonio Dovalí Jaime (Salina Cruz)</b>	Salina Cruz, Oaxaca	Sur- Sureste	Ligero (60.9%) Pesado (39.1%)	En proceso de rehabilitación <sup>8</sup>	1979
<b>Miguel Hidalgo (Tula)</b>	Tula, Hidalgo	Centro	Ligero (63.9%) Pesado (26.6%)	En proceso de reconfiguración <sup>9</sup> y rehabilitación	1977
<b>Ing. Antonio M. Amor (Salamanca)</b>	Salamanca, Guanajuato	Centro-Occidente	Ligero (69.8%) Superligero (4.3%) Pesado (25.9%)	En proceso de rehabilitación	1950
<b>General Lázaro Cárdenas del Río (Minatitlán)</b>	Minatitlán, Veracruz	Sur- Sureste	Ligero (61.1%) Pesado (38.9%)	Reconfigurada (2011) y en proceso de rehabilitación	1956
<b>Ing. Héctor Lara Sosa (Cadereyta)</b>	Cadereyta, Nuevo León	Noreste	Ligero (49.6%) Pesado (50.4%)	Reconfigurada (2003) y en proceso de rehabilitación	1979
<b>Francisco I. Madero (Madero)</b>	Madero, Tamaulipas	Noreste	Pesado (100%)	Reconfigurada (2003) y en proceso de rehabilitación	1914
<b>Dos Bocas</b>	Paraíso, Tabasco	Sureste	Pesado (100%)	En construcción (24%) <sup>10</sup>	-
<b>Deer Park</b>	Texas, EUA	EUA	Pesado Ligero	En funcionamiento	1922

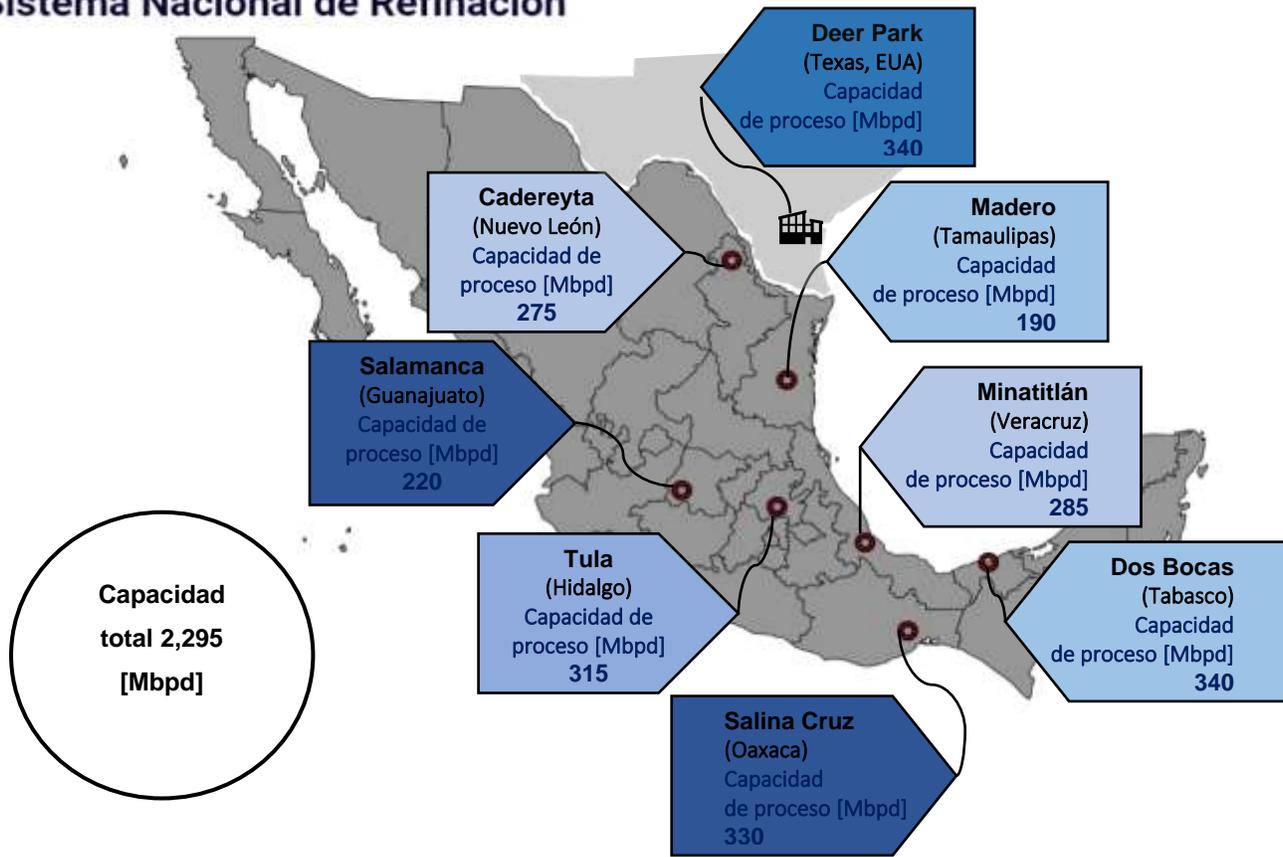
8 Rehabilitación: Mantenimiento de plantas de proceso, tanques de almacenamiento, instalaciones periféricas y componentes de servicios principales como: quemadores, pozos, unidades de tratamiento de agua, torres de enfriamiento, calderas, turbogeneradores y subestaciones eléctricas.

9 Reconfiguración: Alteración o adición de un nuevo proceso para tener una mayor conversión en volumen de productos de bajo a alto valor comercial. Estos son programados en base a la configuración de la planta desde su capacidad de destilación atmosférica/vacío y si cuentan con coquizadora. El objetivo es aprovechar la infraestructura existente.

<sup>10</sup> Datos de la página: <https://dosbocas.energia.gob.mx/>, 18 de octubre de 2020.

La industria de la refinación en México ha sido pieza fundamental en el crecimiento de la economía ya que es la encargada de suministrar de manera oportuna los combustibles a la sociedad. En la tabla 4 se muestra información general sobre las refinerías que conforman el Sistema Nacional de Refinación (SIE, 2021).

### Sistema Nacional de Refinación



Mapa 6. Refinerías que conforman el Sistema Nacional de Refinación de México. SIE, 2021.

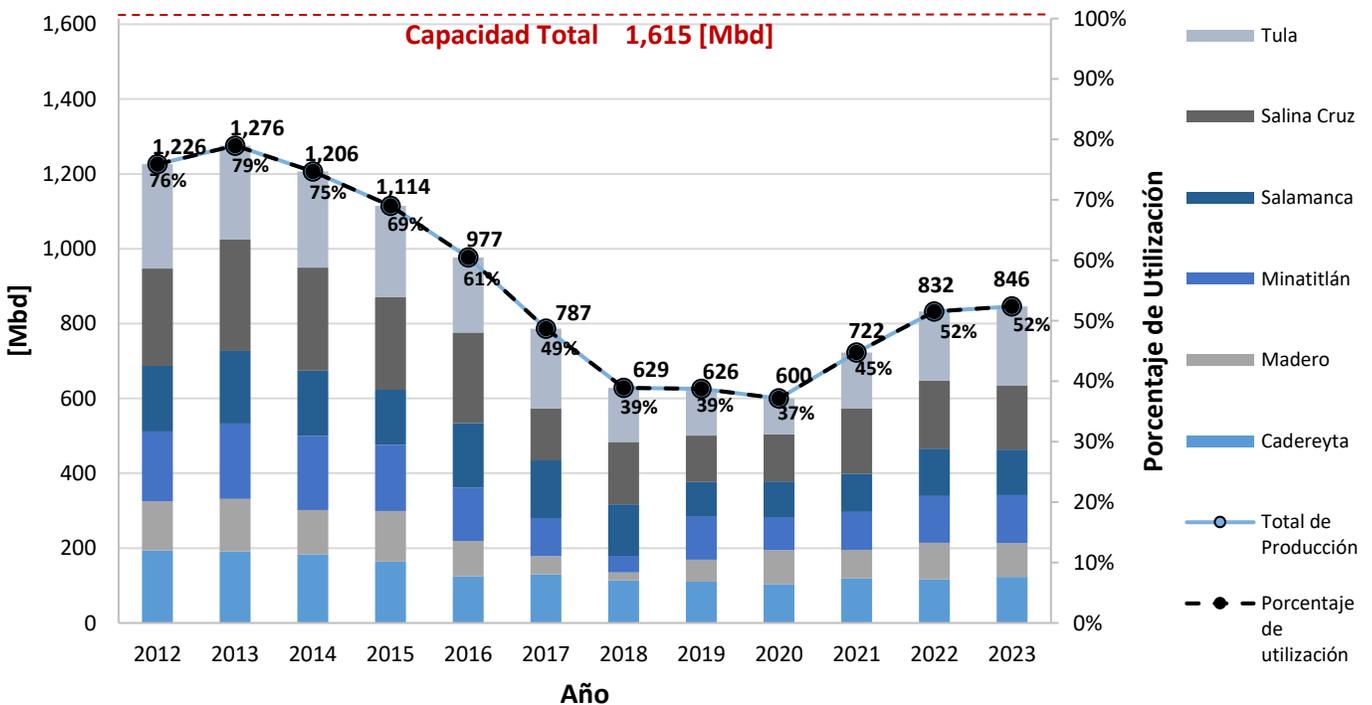
En 2018, como parte del propósito del nuevo gobierno de reducir las importaciones y lograr la autosuficiencia energética, se presentó el Plan de Refinación 2018-2024, el cual busca que, en un lapso no mayor a tres años, México disminuya su dependencia en importaciones de combustibles, siendo autosuficiente en producción de gasolinas y diésel. Uno de los aspectos más relevantes de dicho plan es que se rehabilitarán las seis refinerías existentes en el país para así llegar a la capacidad de diseño original del SNR<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Sistema Nacional de Refinación.

Otro objetivo importante de dicho plan es la construcción de una nueva refinería (Dos Bocas, Tabasco) en el área sureste del país. Es así como se pretendió que para el año 2022 las seis refinerías que componen el SNR ya estén rehabilitadas y la construcción de la nueva refinería concluida. En 2020 el avance de estos 2 proyectos fue del 81% y 24%, respectivamente.

La reconfiguración de las refinerías de México, proyecto que también está en marcha, permite entre otras cosas, tener un mejor aprovechamiento de las fracciones más pesadas provenientes del petróleo. El programa de reconfiguración del SNR fue autorizado a fines de los noventa, pero fue hasta el 2014 que las refinerías de Cadereyta, Madero y Minatitlán culminaron su reconfiguración. En el 2020, con el actual plan de refinación, la refinería de Tula registró un avance del 37% en su reconfiguración, mientras que este proceso en Salamanca y Salina Cruz aún se encuentra en la etapa de planeación (SENER, 2023).

De manera general, desde 2013 en México había disminuido la producción de petrolíferos provenientes del SNR. Como se puede observar en la gráfica 21, del año 2021 al 2023 hubo un ligero aumento en producción y porcentaje de utilización (SIE, 2023).



Gráfica 20. Producción total de petrolíferos por refinería y porcentajes de utilización. Elaborada a partir de datos recuperados del Sistema de Información Energética de 2012 a 2023.

La caída en la capacidad de procesamiento de las refinerías del SNR, compromete seriamente la seguridad energética del país para satisfacer la demanda de combustibles. En 2021 las refinerías estuvieron trabajando al 45% de su capacidad, con un volumen de procesamiento de 722 [Mbd], muy por debajo del original. En 2023, el volumen de refinación aumentó a 846 [Mbd], con un 52% de capacidad de procesamiento en el SNR (gráfica 21).

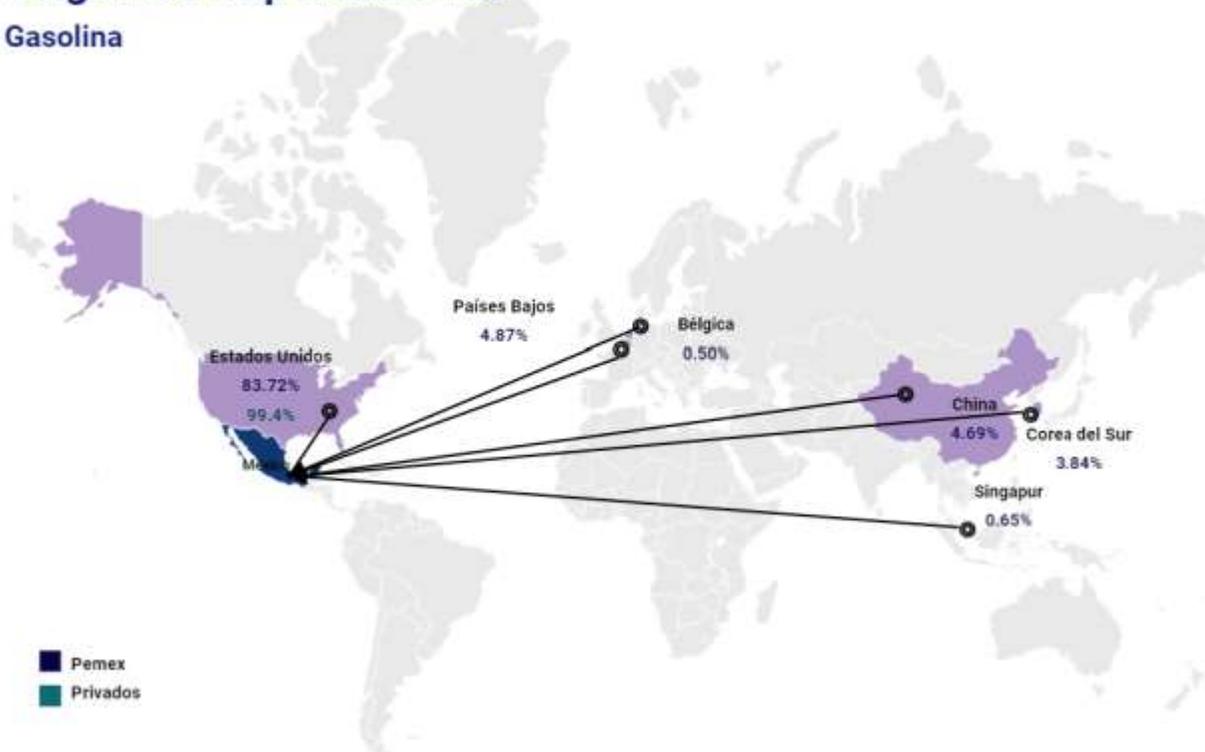
Suponiendo que las refinerías trabajaran al 100% de su rendimiento, considerando ya la refinería Deer Park que ha sido adquirida en un 100% por Pemex a inicios de 2022, la capacidad de refinación nacional sería de 1,955 Mbd, lo que se convertirá en 2,295 [Mbd] con la próxima adición de la refinería de Dos Bocas (SIE, 2021). Ver mapa 6.

### 2.2.2 Importaciones

México es uno de los principales importadores de gasolina y diésel de Estados Unidos, siendo hoy su principal comprador en el mundo (Prontuario Estadístico de Petrolíferos, 2019). Otros países de los que también se importan estos combustibles, aunque en menor porcentaje, son China, Corea del Sur, Singapur, Países Bajos y Japón (mapas 7 y 8)

## Origen de Importaciones

### Gasolina



Mapa 7. Importaciones de gasolina por país de origen. Prontuario Estadístico de Petrolíferos, 2019.

El mapa 7 presenta el porcentaje del origen de importaciones de gasolinas tanto de Pemex, como de las empresas privadas. Como se observa, en ambos casos la mayoría de sus importaciones provienen de Estados Unidos. Este comportamiento se repite en el mapa 8, donde se observan los porcentajes de importaciones de diésel (Prontuario Estadístico de Petrolíferos, 2019).

## Origen de Importaciones

### Diésel

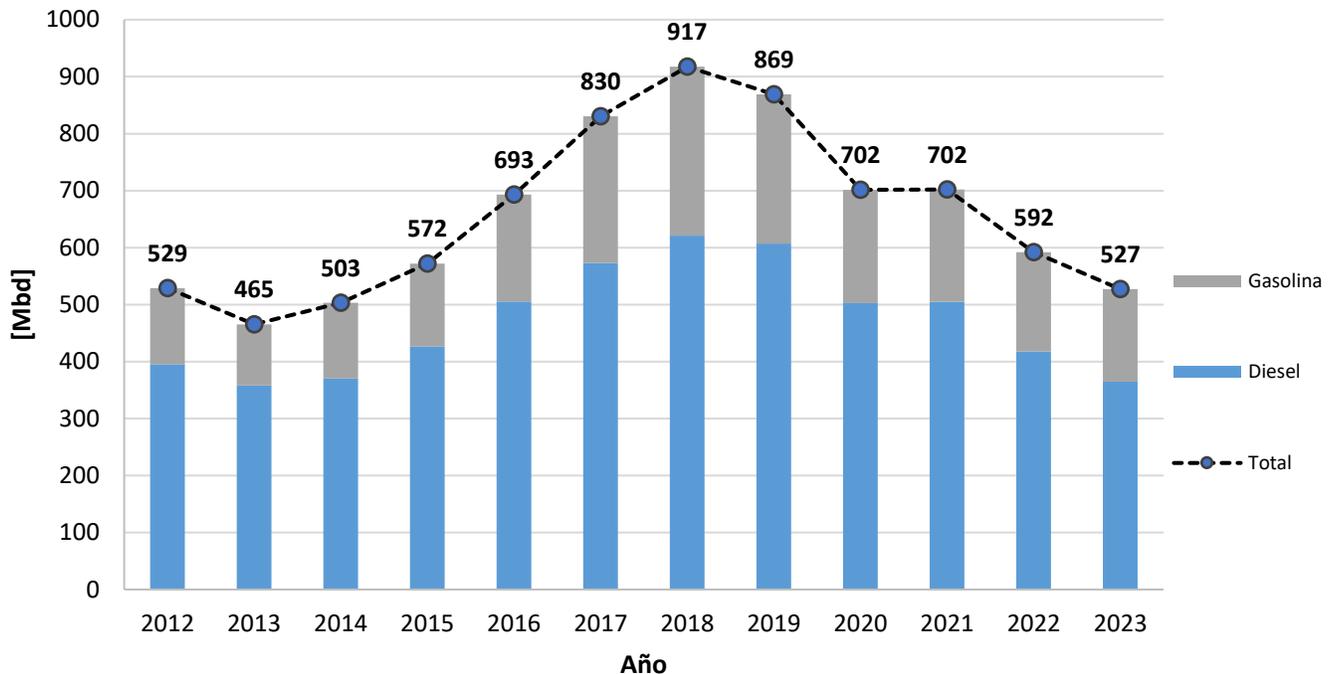


Mapa 8. Importaciones de Diésel por país de origen. Prontuario estadístico de Petrolíferos 2019

En 2019, Pemex realizaba el 87% de las importaciones de gasolina y el 13% empresas privadas. En el caso del diésel, las empresas privadas importan el 30% de este combustible, mientras que Pemex y CFE<sup>12</sup> importan el 68% y 2%, respectivamente. Como se observa en la gráfica 22, la dependencia de las importaciones de combustibles aumentó del 2014 al 2018. De 2020 a 2022 se observa una baja en la demanda de combustibles provocada por las restricciones

<sup>12</sup> Comisión Federal de Electricidad

implementadas a raíz de la pandemia por COVID-19 que provocó que el volumen de importaciones también disminuyera (Wood Mackenzie, 2020). En los últimos años se ha observado la baja en importaciones (SENER, 2023).



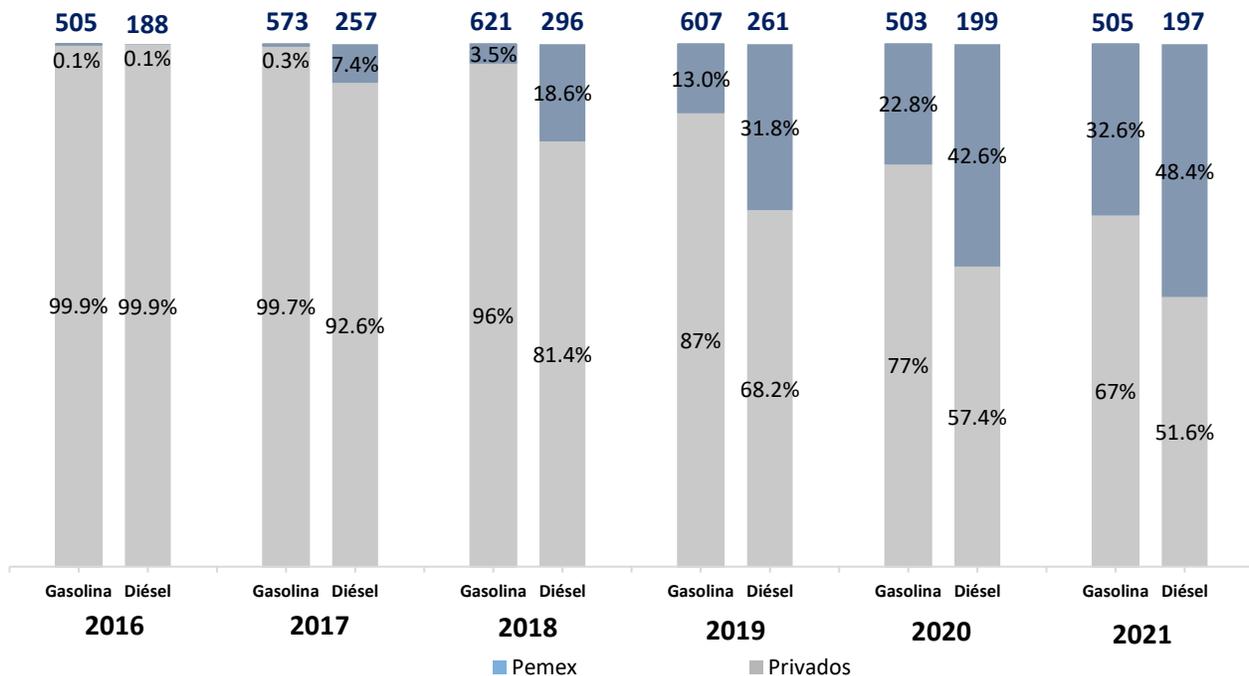
Gráfica 21. Importación nacional de los principales productos petrolíferos, 2012-2023. SENER, 2023.

La tendencia en aumento de importaciones en el país se asocia a la dependencia de las finanzas públicas hacia los ingresos de la exploración y explotación de hidrocarburos, por lo que el desarrollo de la industria de la transformación de hidrocarburos, la infraestructura y la adquisición de equipo para el transporte, almacenamiento y distribución, se han visto afectados y limitados.

Como consecuencia de la falta de inversión en el sector, se opta por destinar la mayor parte de los recursos a la extracción y venta de petróleo. También, debido a que las refinерías del país son ineficientes por el deterioro de su desempeño operativo, no se procesa la cantidad suficiente de petróleo para obtener combustibles que nos permitan satisfacer la demanda interna, es decir, la capacidad instalada de refinación en México no se aprovecha de forma óptima. Este último aspecto tiene mucho que ver con la calidad de petróleo que se extrae de los yacimientos del país (CIEP, 2018).

Por muchos años, las refinerías de México se habían quedado atrás en términos de capacidad de procesamiento de las fracciones más pesadas del crudo, así como de plantas para producir gasolina de alta calidad y de capacidad de desulfuración de los productos refinados; esto es un tema clave considerando que la calidad de crudo disponible es mayormente pesado y con un alto contenido de azufre. Con la rehabilitación de las seis refinerías que conforman el Sistema Nacional de Refinación, con la adquisición de la refinería Deer Park y la construcción de Dos Bocas, incrementará de manera sustancial la oferta nacional de combustibles, así como la calidad y capacidad de procesamiento del crudo en el país (mapa 6).

En la gráfica 23 se observa el porcentaje de importaciones de petrolíferos tanto de empresas privadas como de Pemex, siendo esta última la empresa que mayores volúmenes de combustibles importados (SIE, 2021).



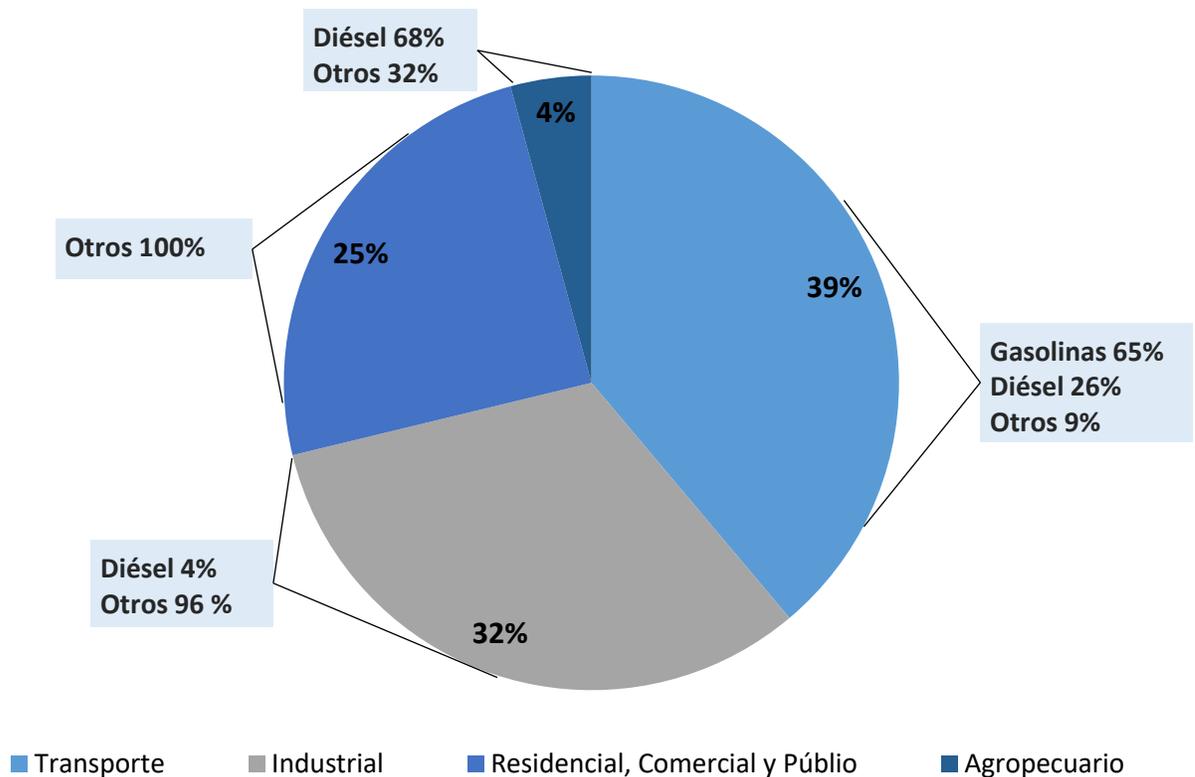
Gráfica 22. Porcentaje de importaciones de principales productos petrolíferos. 2016-2021. Elaborada con datos recuperados del SIE, 2021.

### 2.3 Demanda

La demanda de petrolíferos se relaciona con diversos factores, llámense económicos, sociales, políticos, el tamaño de la economía nacional, su dinamismo, la tasa de crecimiento poblacional y de parque vehicular, precios, entre otros.

Es importante mencionar que el consumo energético nacional, al igual que el internacional, se integra en su mayoría por los sectores de transporte e industrial, representando el 39% y el 32% de la demanda, respectivamente, donde los principales productos demandados son gasolina y diésel.

**Consumo energético nacional por sector y tipo de combustible 2021**

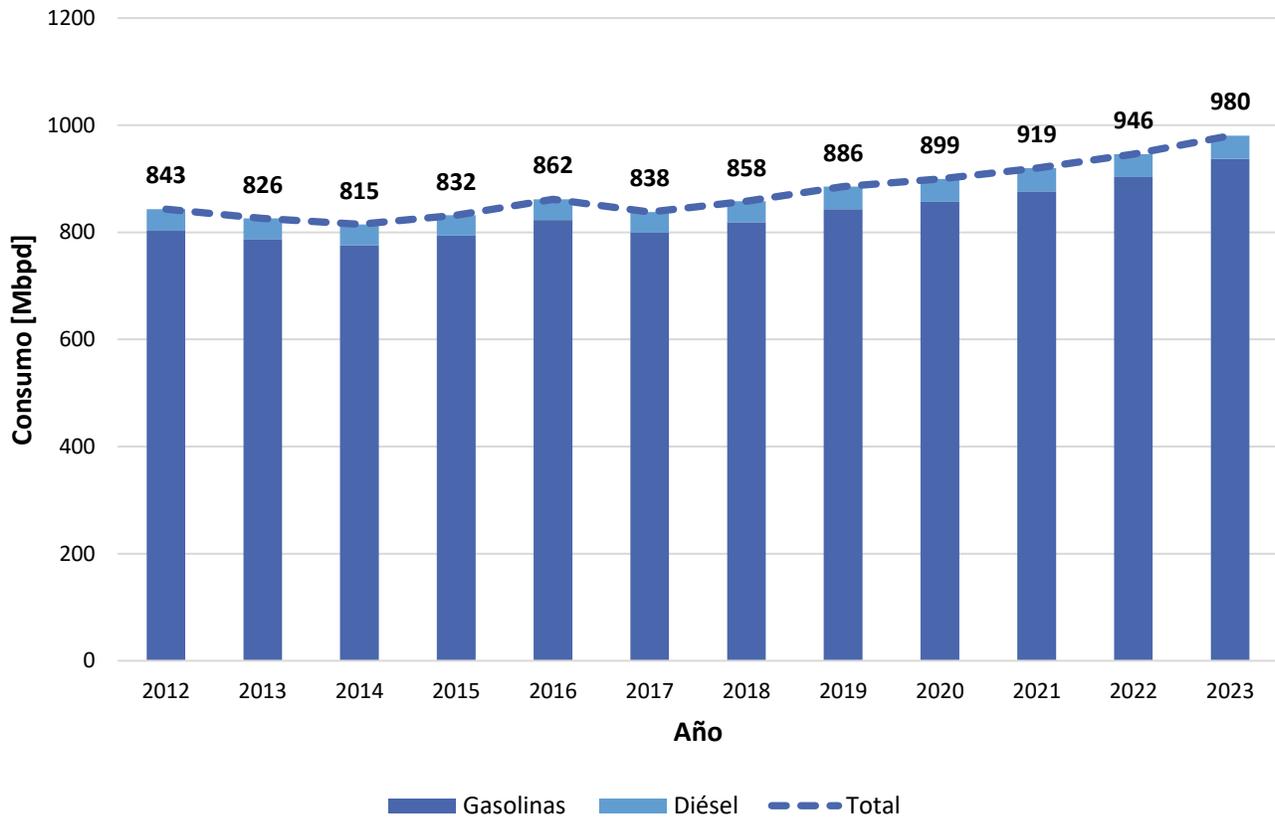


Gráfica 23. Consumo energético nacional por sector. SIE con datos de la SENER, 2021

A lo largo del tiempo, el consumo nacional de petrolíferos se ha mantenido por arriba del 50% para la gasolina, seguida por el diésel, luego el combustóleo y finalmente la turbosina.

Cabe mencionar que la demanda nacional de petrolíferos sigue un comportamiento inelástico, pues la respuesta de los consumidores ante cambios en precios no es significativa, es decir que no es un factor determinante para que dejen de consumir (SciELO, 2018). Como se observa en

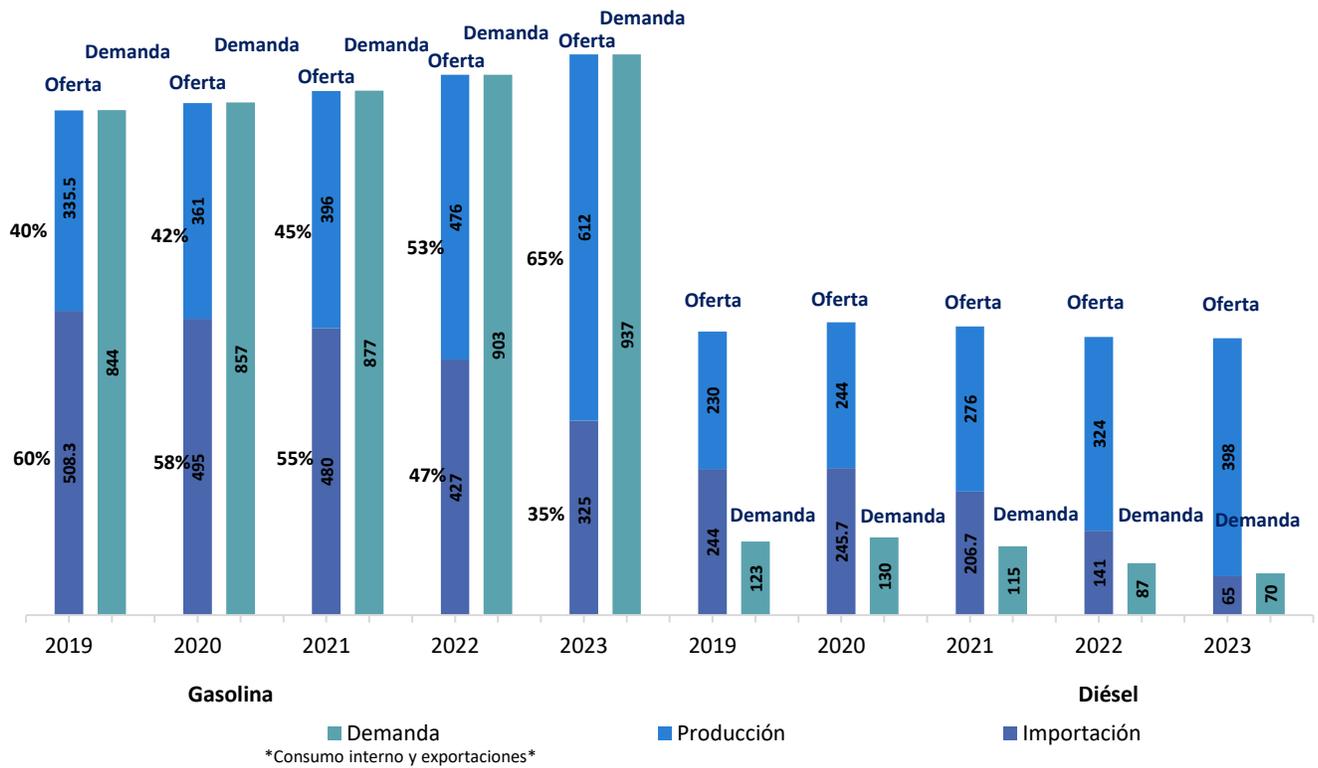
la gráfica 25, la demanda de gasolina y diésel se mantiene en aumento año con año (SENER, 2023).



Gráfica 24. Demanda nacional de principales productos petrolíferos. SENER, 2023.

## 2.4 Balance Nacional de Petrolíferos

En 2019 el consumo nacional de gasolinas era de aproximadamente 840,000 barriles diarios (gráfica 26); para satisfacer la demanda nacional, México importaba aproximadamente el 60% de la gasolina necesaria pues las refinerías trabajaban al 39% de su capacidad en promedio (gráfica 21). La optimización del SNR podría reducir esta dependencia, cubriendo hasta el 69% de gasolina del consumo de nuestro país. En 2020 se observa una baja general en la demanda de combustibles a causa de la pandemia, condiciones que se mantienen en 2021, afectando la recuperación de la demanda de los principales combustibles en el país. Para 2023, el SNR aumentó su capacidad de procesamiento al 52%, lo que se vio reflejado en la producción del 65% del consumo interno de gasolina en el país (SNR, 2023).



Gráfica 25. Balance de principales productos petrolíferos 2019-2023 [Mbd]. SIE, 2023.

## Capítulo 3

### Seguridad Energética

#### 3.1 Definición de Seguridad Energética

Seguridad energética es definida por la AIE como la disponibilidad ininterrumpida de recursos energéticos a un precio asequible, lo que se traduce como la habilidad de una economía para reaccionar inmediatamente a cambios repentinos en el balance de oferta-demanda y en la inversión en el abastecimiento de energéticos en concordancia con el desarrollo económico y el medio ambiente (AIE, 2017).

#### 3.2 Experiencias internacionales en materia de almacenamiento

Los participantes en el mercado de petróleo y petrolíferos utilizan el almacenamiento para operar cotidianamente y atender la demanda que enfrentan, así como las posibles situaciones de emergencia que puedan derivar en desabasto de combustibles.

Esta estrategia surgió a raíz de la crisis de finales de 1973, cuando los miembros de la Organización de Países Exportadores de Petróleo establecieron restricciones al envío de petróleo crudo hacia los países occidentales, lo que se reflejó en un incremento drástico de los precios del crudo y cortes en el suministro de hidrocarburos a las refinerías, provocando una recesión económica a nivel global. Esta situación expuso la importancia de diseñar sistemas de emergencia ante posibles interrupciones en el suministro, con el fin de mantener un balance en el mercado de los hidrocarburos (DOF, 2017).

Una alternativa probada a nivel internacional para implementar el almacenamiento como medida de seguridad energética, consiste en diseñar políticas públicas<sup>13</sup> orientadas a la gestión de inventarios comerciales tanto de petróleo crudo como de productos derivados.

---

<sup>13</sup> Las políticas públicas son guías que permiten a los Estados determinar prioridades y líneas de acción para alcanzar las condiciones deseadas y satisfacer necesidades políticas, económicas y sociales a través del establecimiento de obligaciones y derechos a nivel nacional.

Ser miembro de la AIE tiene como obligación contar con la capacidad de reacción efectiva en caso de desabasto mundial de combustibles por emergencia energética. Originalmente la Agencia consideraba que los inventarios debían conformarse de petróleo crudo, sin embargo, conforme las circunstancias globales de oferta y demanda de energía han cambiado cada país debe tomar las medidas que le permitan asegurar la disponibilidad de combustibles. En este sentido, México no tiene una obligación de tener existencias de emergencia, ya que ésta basa los niveles de existencias en la dependencia de las importaciones netas de un país y, por lo tanto, los países exportadores netos no tienen ninguna obligación (AIE).

La Secretaría de Energía ha identificado en nuestro país varios riesgos en la cadena de suministro que sustentan la importancia de diseñar una política sólida de almacenamiento que podría fortalecer la continuidad del suministro, especialmente durante una interrupción. Los principales riesgos identificados son: la alta tasa de utilización de tuberías, paros no programados en refinerías, robo de petrolíferos de oleoductos y eventos meteorológicos severos. En la tabla 5 se muestran los detalles de las políticas vigentes en materia de almacenamiento de diferentes países (PPAMP, 2017)

Tabla 5. Políticas Vigentes en Materia de Almacenamiento. PPAMP, 2017.

País	Obligación	Sujeto obligado
Perú	15 días en caso de productores o distribuidores mayoristas con capacidad de almacenamiento propio o contratado 5 días calendario para plantas de almacenamiento	Refinadores y distribuidores mayoristas Almacenistas
Miembros de la AIE	90 días de promedio diario de importaciones netas de petróleo del último año	No especifica
Estados Unidos	90 días de promedio diario de importaciones netas de petróleo ***Las reservas públicas consisten en petróleo crudo, mientras las de la industria son una combinación de crudo y refinados	No existe obligación de almacenamiento mínimo
Japón	70 días de petróleo calculado como el promedio de importaciones, ventas o elaboración de petrolíferos del último año 4 días de consumo interno de productos petrolíferos 50 días de promedio de importaciones diarias de GLP 90 días de promedio diario de importaciones netas de petróleo	Importadores Refinerías Distribuidores

<i>Miembros de la Unión Europea</i>	61 días de promedio diario del consumo interno de petróleo 30 días de promedio diario de consumo interno de petrolíferos	No especifica
<i>España</i>	92 días de las ventas o consumos del último año de petrolíferos (42 días por parte del gestor y 50 días en inventarios comerciales) 20 días de las ventas o consumos en el último año de GLP en inventarios comerciales	Refinerías Importadores
<i>Italia</i>	90 días del promedio diario de importaciones netas o 61 días del promedio diario de consumo interno 30% de las reservas obligatorias debe constar de gasolina, diésel, combustóleo y turbosina	Suministradores de petrolíferos en el país
<i>Reino Unido</i>	Para refinerías las existencias mínimas deben ser de 67.5 días de sus ventas del último año	Refinerías Importadores

### 3.3 Tipos de almacenamiento

El almacenamiento puede implementarse de dos maneras; en forma de reservas estratégicas de petróleo o mediante una política pública de niveles mínimos de inventarios de crudo o petrolíferos. La tabla 6 muestra las políticas vigentes en materia de almacenamiento.

*Tabla 6. Políticas Vigentes en Materia de Almacenamiento. PPAMP, 2017*

#### Almacenamiento estratégico

Este tipo de almacenamiento consiste en mantener existencias mínimas de petróleo o petrolíferos, a fin de garantizar abastecimiento al mercado durante un tiempo determinado. Es una de las medidas de política pública más utilizada por los países para hacer frente a situaciones de emergencia.

Ejemplo: Países miembros de la AIE.

Cada país importador neto de petróleo crudo tiene la obligación de mantener inventarios totales iguales a por los menos 90 días promedio de importaciones netas del último año. Esta medida le confiere un cierto grado de independencia de sus importaciones, otorgándole flexibilidad para enfrentar una interrupción de la oferta durante 3 meses aproximadamente.

Cabe mencionar que el producto almacenado es independiente a los volúmenes que se comercializan en el mercado; estos no podrán retirarse salvo la declaración de una situación de emergencia.

El Estado puede constituir reservas estratégicas a través de la construcción o arrendamiento de infraestructura de almacenamiento y manejo, así como adquirir hidrocarburos para sus inventarios.

#### Almacenamiento comercial

Medida que consiste en el diseño de políticas públicas orientadas a la gestión de inventarios comerciales de petróleo crudo o petrolíferos, a fin de mantener un volumen mínimo almacenado como parte del volumen total de productos que se comercializan diariamente.

Este tipo de almacenamiento permite comercializar el crudo almacenado y sustituirlo por nuevos productos sin dañar su calidad ni suministro, confiriendo flexibilidad al mercado para operar cotidianamente y atender la demanda interna.

Esta estrategia disminuye el riesgo de desabasto de petrolíferos, teniendo reservas en sitios cercanos a los centros de consumo.

### 3.4 Marco Normativo Nacional

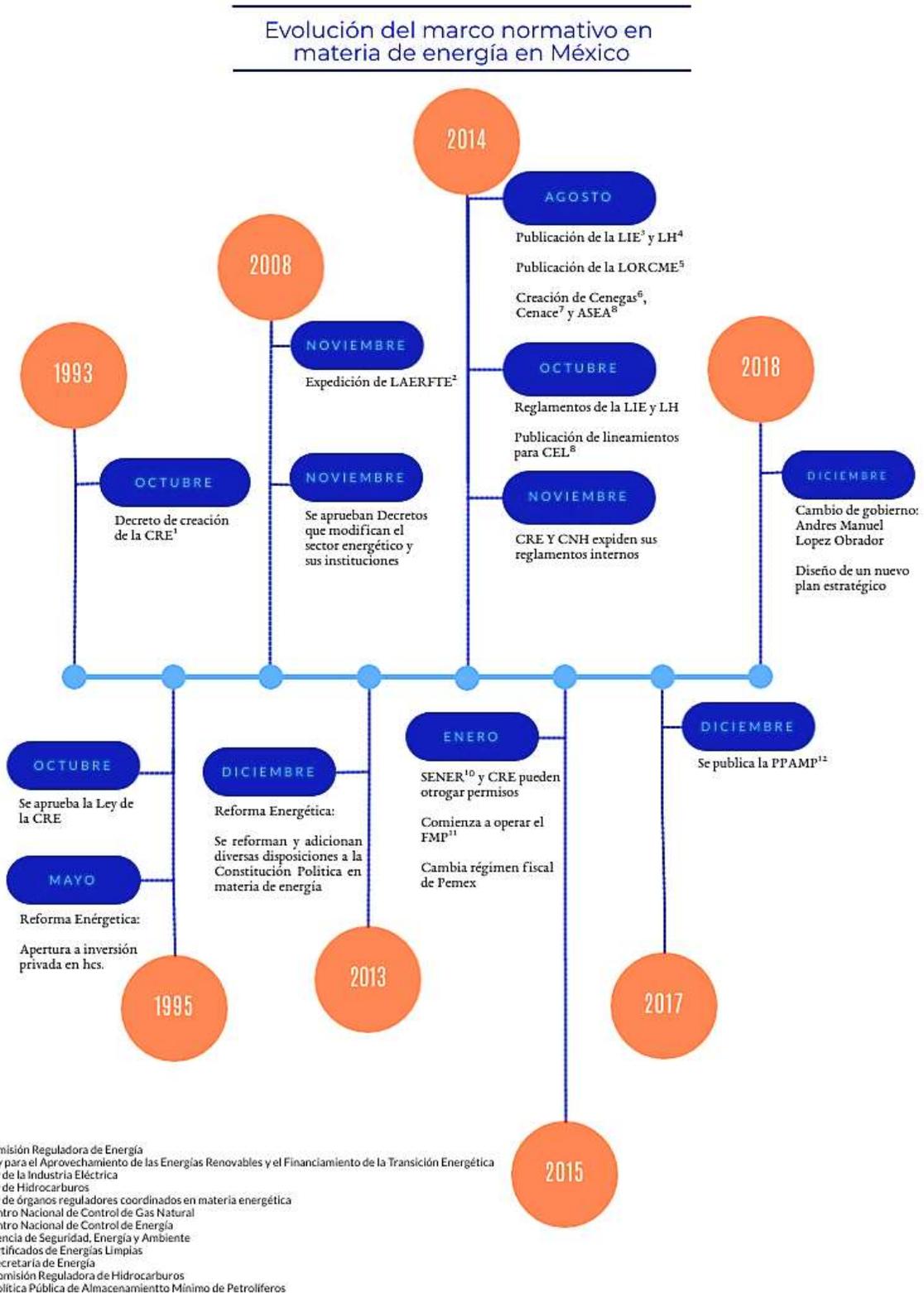


Figura 5. Evolución del marco normativo en México. Elaboración propia con datos de la CRE, 2022.

En México, desde la expropiación petrolera en 1938, Pemex se convirtió en la empresa más importante para la economía del país (figura 5), ya que además de satisfacer la demanda interna de combustibles, ha sido la principal fuente de ingresos fiscales del Estado; sin embargo, debido a su ineficiente gestión y a la excesiva intervención del gobierno en sus finanzas, ha generado incrementos en su deuda, así como una baja producción de crudo y bajos rendimientos en su operación.

Ante la caída de la producción de hidrocarburos, los ingresos de Pemex y el desabasto al mercado interno, en el 2013 el gobierno de México, bajo la administración de Enrique Peña Nieto, realizó una reforma estructural al sector energético, específicamente para la industria del petróleo y gas, la cual dio acceso a entidades nacionales e internacionales, públicas y privadas a participar de manera individual o en conjunto en toda la cadena de valor de los hidrocarburos, con el objetivo de incrementar inversiones en dicho sector para el beneficio del país (EITI. Transparencia de las industrias extractivas, 2018).

Las figuras 6 y 7 muestran el panorama institucional antes y después de la reforma, mostrando las principales modificaciones, reestructura de organismos ya existentes y creación de otros nuevos.

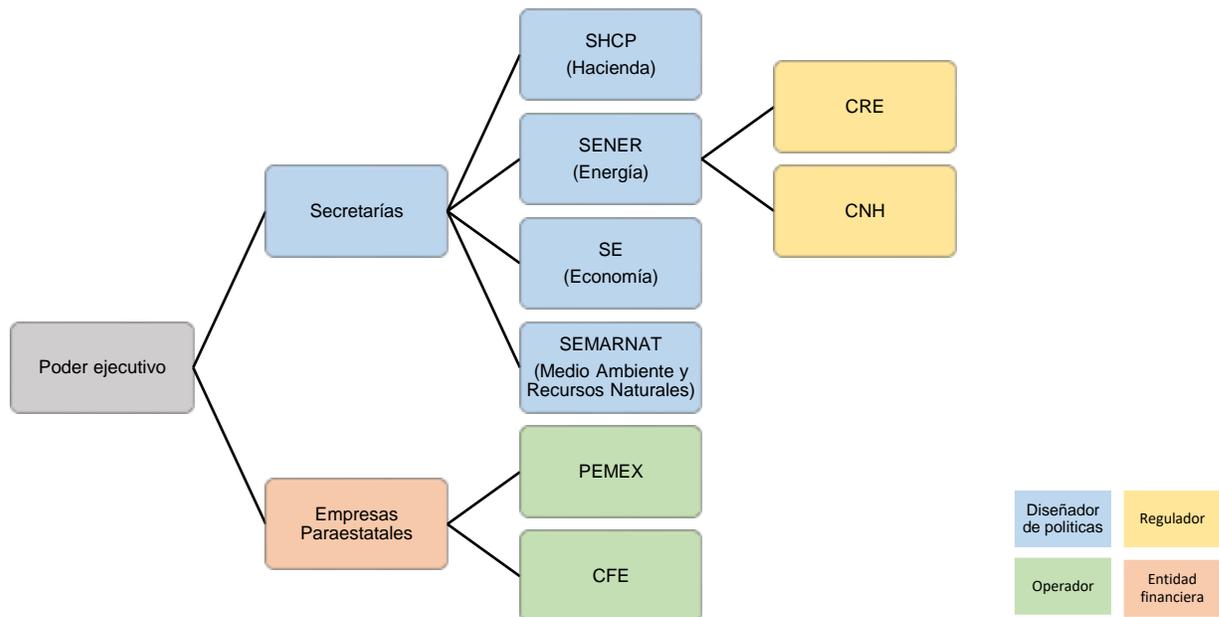


Figura 6. Marco institucional antes de la reforma. OCDE, 2022.

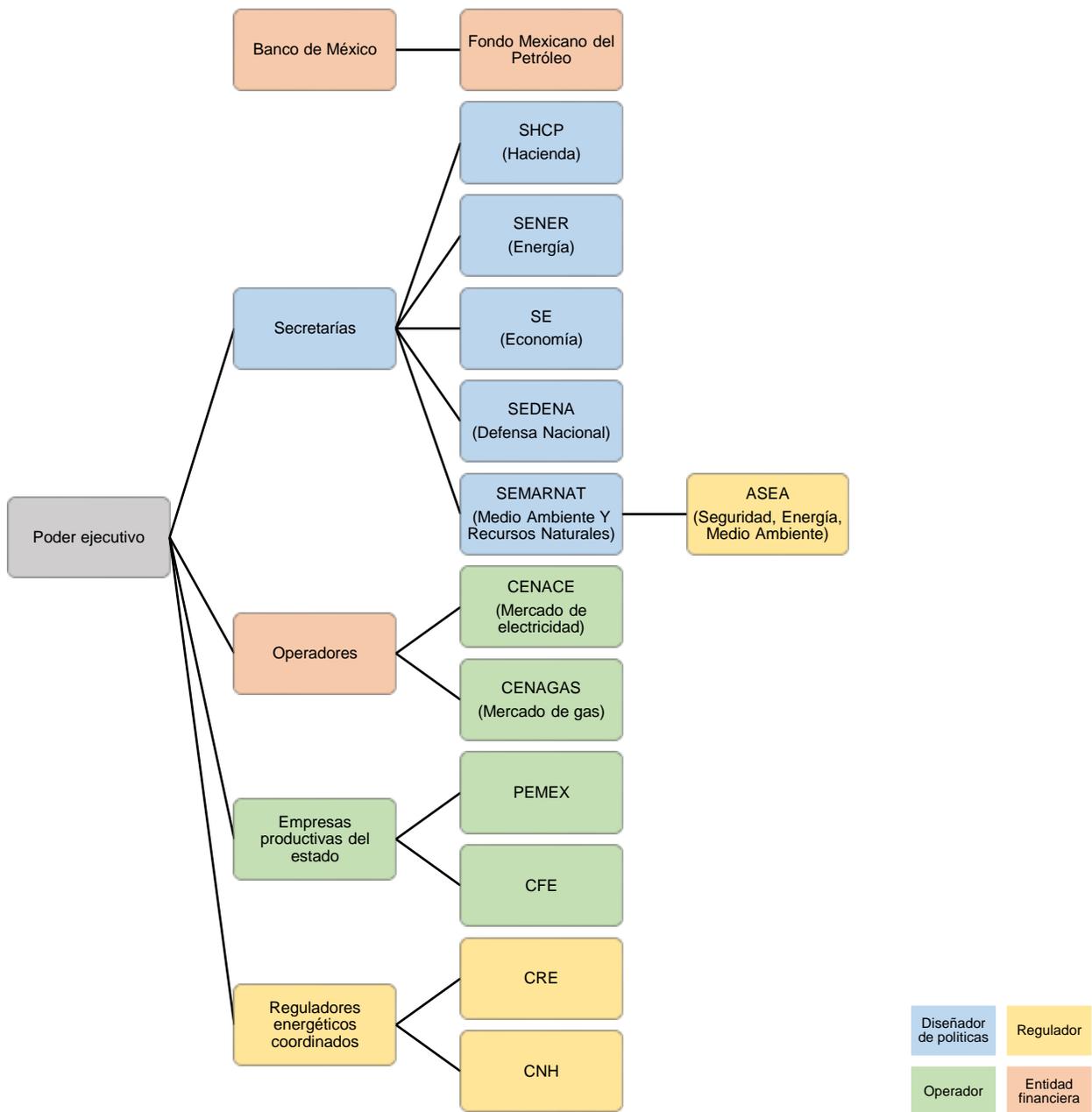


Figura 7. Marco institucional después de la reforma. OCDE, 2022.

Con la reforma energética, Petróleos Mexicanos también sufrió una reestructuración; en principio dejó de ser un monopolio y se convirtió en una empresa productiva del Estado, con el fin de ser más eficiente y competitiva en el sector.

Las figuras 8 y 9 muestran la estructura organizacional de Pemex antes y después de la implementación de la Reforma Energética de 2013.

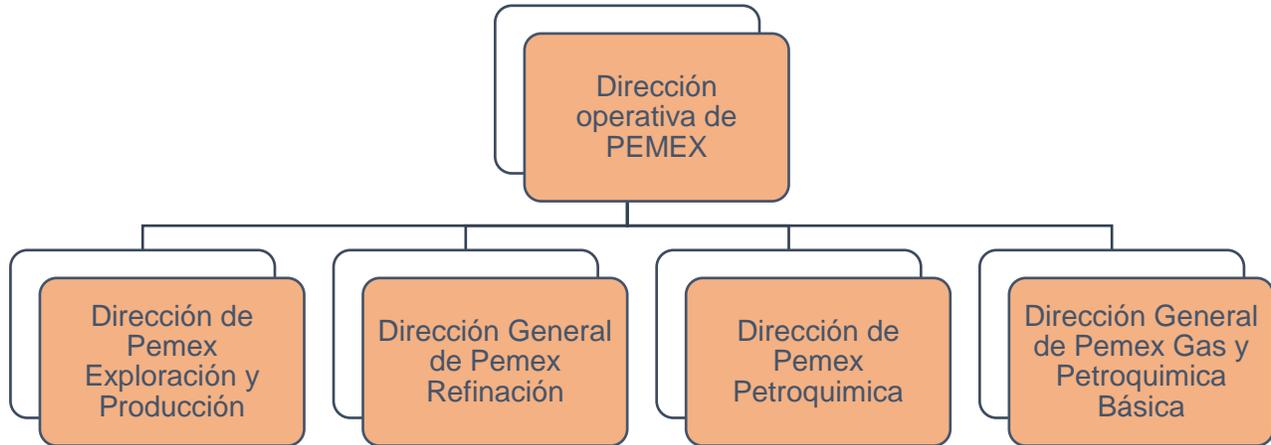


Figura 8. Dirección operativa de PEMEX antes de la reforma. El Colegio de México, 2017.



Figura 9. Dirección operativa de PEMEX después de la reforma. El Colegio de México, 2017

### 3.5 Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos de México

Históricamente el sector energético ha sido un área importante para el país, que además de proveer a la población y a las actividades económicas con los recursos necesarios para su sustento, es un factor que impacta directamente a la economía, estando fuertemente enlazado con el crecimiento y desarrollo del país, además de ser estratégico para la política y el comercio exterior.

En la última década, los cambios en este sector han sido trascendentes; el 20 de diciembre de 2013 se promulgó la Reforma Constitucional en Materia de Energía y la actual administración considera el rescate energético como prioritario, apostando por él a través de nuevas directrices en la política pública.

### 3.5.1 Regionalización

A fin de incrementar las condiciones de seguridad energética nacional, la Política Pública de almacenamiento mínimo de petrolíferos consideró una regionalización estadística definida por la diferenciación existente en cuanto a tiempos de abastecimiento, infraestructura vigente y localización geográfica respecto a mercados internacionales. La SENER realizó un cálculo de obligación de almacenamiento mínimo para cada una de las regiones. No obstante, con la modificación a la Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos (PPAMP) del año 2018 se eliminan las regiones para efectos de la ubicación de inventarios, pero se mantienen para efectos de obligación de reportes (figura 12).

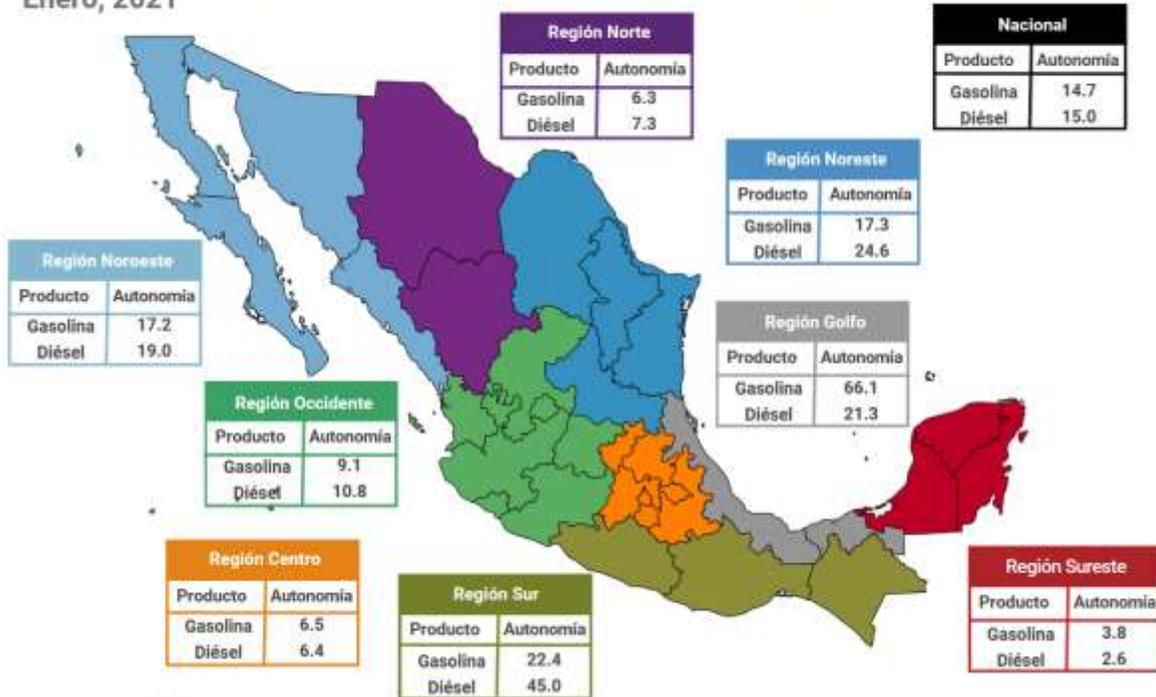
*Tabla 7. Regionalización y estados de la PPAMP. Elaboración propia basada en la PPAMP, 2017.*

Región	Estados que la componen
<b>Noroeste</b>	Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit.
<b>Norte</b>	Chihuahua y Durango.
<b>Noreste</b>	Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí.
<b>Occidente</b>	Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, Michoacán y Colima.
<b>Centro</b>	Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Morelos, Estado de México y la Ciudad de México.
<b>Golfo</b>	Veracruz y Tabasco.
<b>Sur</b>	Guerrero, Oaxaca y Chiapas.
<b>Sureste</b>	Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

### 3.5.2 Inventarios actuales

La información que se muestra en el mapa 10 corresponde a datos de enero 2021, en el cual se observa la autonomía de cada una de las regiones en términos de inventarios en días de demanda, considerando el almacenamiento total que incluye terminales terrestres, marítimas e inventarios en refinerías.

### Autonomía nacional de petrolíferos (días) / Almacenamiento total Enero, 2021

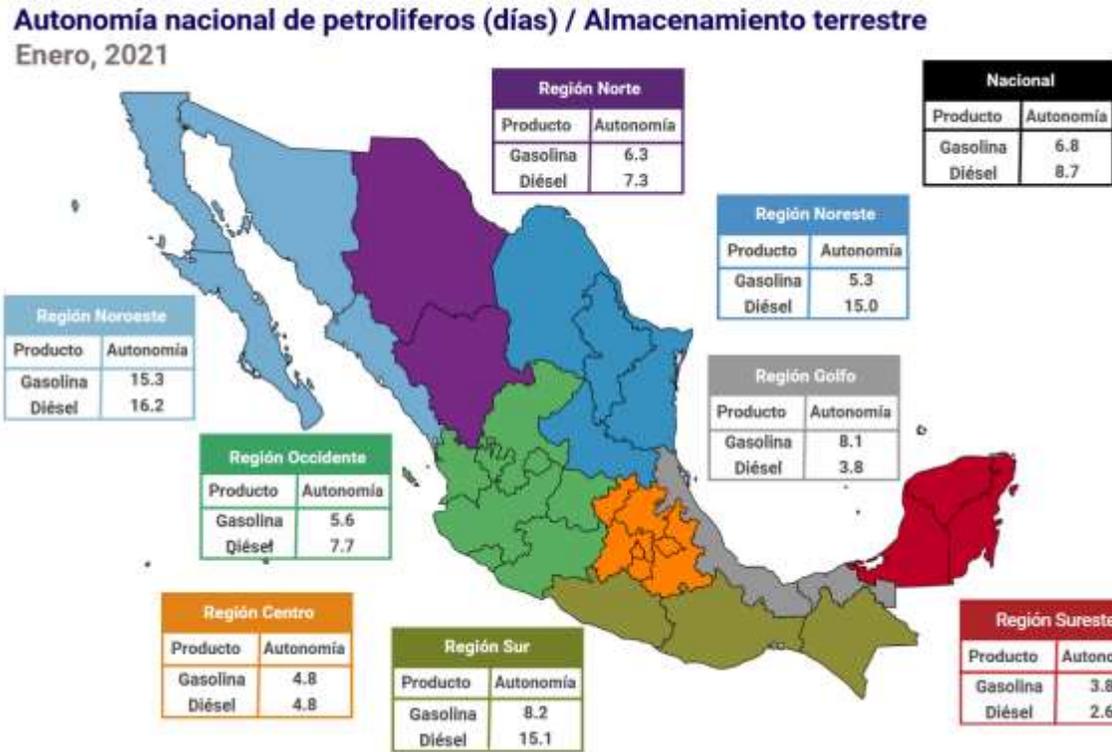


Mapa 9. Autonomía por región respecto a almacenamiento total. Estadísticas Hidrocarburos, 2021.

La región con mayor autonomía en gasolina corresponde a la Región Golfo con 66.1 días, seguida por la región Sur con 22.4 días, mientras que las zonas con menor almacenamiento son la Sureste y Norte, con 3.8 y 6.3 días, respectivamente. En cuanto a diésel, las zonas con mayor número de inventario son la región Sur con 45 días y la región Noreste con 24.6 días, mientras las de menor autonomía son la región Sureste con 2.6 días y la región Centro con 6.4 días. En general, la autonomía nacional refleja datos correspondientes a 14.7 días para gasolina y 15 días para diésel. Si se considera únicamente el almacenamiento terrestre se observa que las regiones con mayor número de días de inventario tanto para gasolina como de diésel son la Noroeste y la Sur, con 15.3 y 8.2 días respectivamente para gasolina, y 16.2 y 15.1 días para diésel (Estadísticas Hidrocarburos, 2021).

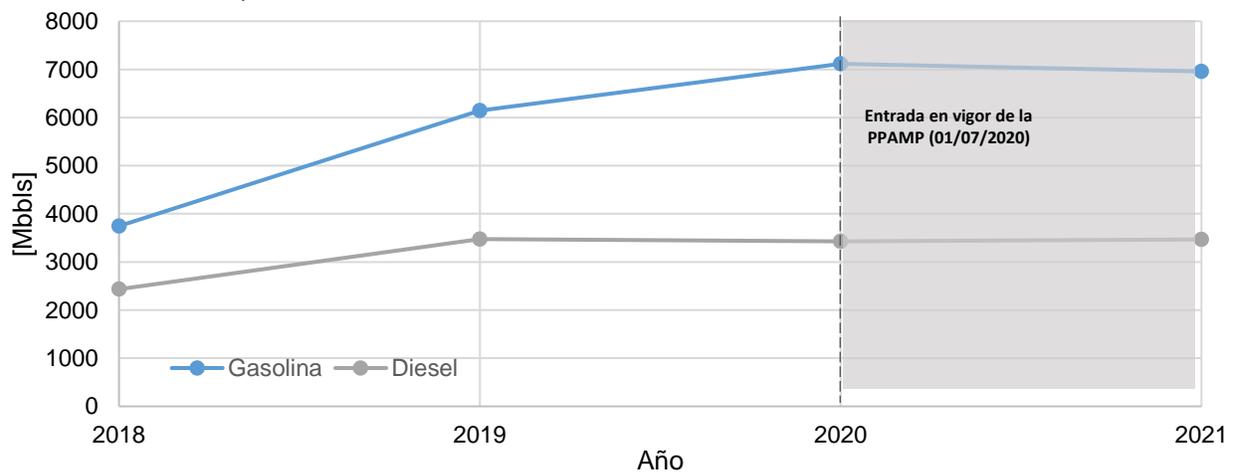
De este mismo mapa 9 se puede concluir que la región Sureste y la región Norte poseen únicamente almacenamiento terrestre, pues sus datos son iguales a los del mapa de autonomía respecto a almacenamiento total.

De manera general, se tiene una autonomía de almacenamiento terrestre de 6.8 días para gasolina y 8.7 días para diésel.



Mapa 10. Autonomía por región respecto a almacenamiento terrestre. Estadísticas Hidrocarburos 2021.

En términos de almacenamiento de volumen de petrolíferos, en la gráfica 27 puede observarse que tanto el almacenamiento de gasolina y diésel han incrementado a lo largo de los años, mostrando diferencias significativas, desde el 2018 a datos más recientes (Estadísticas Hidrocarburos, 2022).



Gráfica 26. Promedio Anual de Inventarios nacionales. Estadísticas Hidrocarburos, 2022.

### 3.5.3 Infraestructura nacional de petrolíferos

#### 3.5.3.1 Infraestructura actual

En la figura 10 se muestra la infraestructura en almacenamiento nacional por regiones. Como se observa, la región del Golfo es la que cuenta con mayor capacidad nominal debido al almacenamiento estratégico obtenido de los buques fondeados en los puertos, seguida por el Noroeste y Noreste.

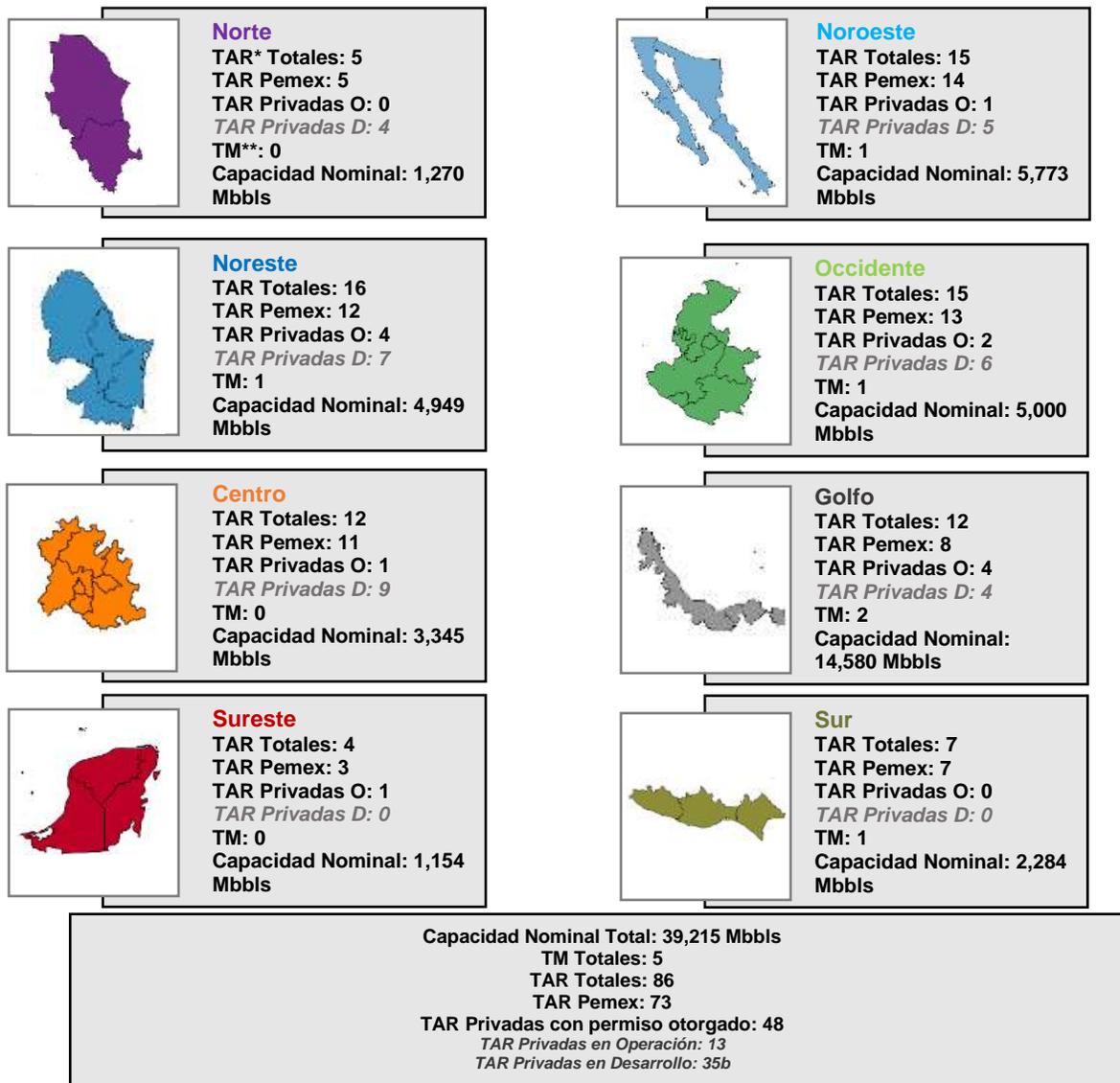


Figura 10. Infraestructura Nacional de Petrolíferos por regiones. Elaborada a partir de datos de SENER, 2022.

En cuanto a las terminales de almacenamiento, según datos de 2022, en México existían 86 terminales de almacenamiento terrestres en operación (73 pertenecen a PEMEX y 13 a empresas privadas), además de 5 terminales marítimas. La región Noroeste cuenta con el mayor número de terminales, mientras que las regiones Norte y Sureste son las de menor capacidad y las que menor cantidad de terminales tienen. En el mapa 13 se muestra la infraestructura total del país.



Mapa 11. Infraestructura Nacional de Petrolíferos 2020. Elaborado a partir de datos de SENER, 2022.

### 3.5.3.2 Proyectos de privados

Hasta el 2022 se contaba con un total de 48 terminales de almacenamiento con permiso otorgado por la CRE, de las cuales 13 se encontraban en operación y 35 más se encontraban

en desarrollo. En el mapa 12 se exhibe la distribución de las 48 terminales en las diferentes regiones del país, las cuales sumadas proporcionan una capacidad nominal total de 34,207 [Mbls]. Asimismo, se observa que la región con mayor concentración es la región Noreste, mientras que la región que continúa siendo la menos atractiva para inversión por parte de las empresas privadas es la Sur (CRE, 2022).

**48 Terminales Privadas de Almacenamiento**

Norte	Noreste	Noroeste	Occidente	Golfo	Centro	Sur	Sureste
4	11	6	8	8	10	0	1



Mapa 12. Proyectos de almacenamiento y distribución de petrolíferos con permiso otorgado por la CRE, 2022. Elaboración propia con datos proporcionados por la CRE.

### 3.5.4 Obligaciones a permisionarios

Dentro de la PPAMP se establecen las obligaciones a permisionarios como parte del reporte estadístico, así como lo correspondiente al almacenamiento mínimo nacional, quedando como compromiso lo definido en la figura 11.



Figura 11. Obligaciones a permisionarios que establece la PPAMP. Elaborada con datos recuperados del Diario Oficial de la Federación

### 3.5.5 Expectativas

El almacenamiento resulta relevante en la cadena de valor del petróleo ya que puede emplearse con fines estratégicos y comerciales; blinda la política energética<sup>14</sup> de un país asegurando temporalmente nivelar el flujo de combustible y compensa los desbalances de la oferta y la demanda, además de que permite el abastecimiento nacional ante situaciones de emergencia.

México enfrenta retos como la baja producción nacional y la excesiva dependencia de importación, además de un inventario de petrolíferos almacenados muy limitado. Ante estas situaciones y con el fin de contribuir a la seguridad energética del país, la SENER publicó la PPAMP que tiene como objetivo establecer niveles mínimos de almacenamiento de gasolina, diésel y turbosina en el país, así como asegurar y vigilar el suministro a la población nacional.

Esta política pública es un proyecto nuevo que requiere de un mayor tiempo de maduración, el cual en mediano plazo pretende detonar la capacidad de almacenamiento en el país, y para 2025 alcanzar un inventario mínimo nacional de 5 días para gasolina y diésel, así como 3 días para turbosina. Además, se espera una contribución al crecimiento de inversión en infraestructura de almacenamiento y competencia por parte de privados, ya que Pemex, hasta antes de la Reforma Energética, operaba como monopolio encargándose del suministro de petrolíferos del país; sin embargo, no cuenta con la infraestructura de almacenamiento necesaria, lo cual se evidencia con las continuas modificaciones realizadas a la política a partir de su promulgación, las cuales se pueden observar en la figura 12.

---

<sup>14</sup> En el caso de una política energética, se define como un conjunto de lineamientos estratégicos consensuados y asumidos por una autoridad gubernamental específica destinados a satisfacer requerimientos relacionados al sector energético.

# Evolución

## Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos

### 2017 Promulgación

Fecha de inicio de obligaciones: 1 de enero de 2020

Establece obligaciones para los permisionarios de refinación de petróleo, almacenamiento, distribución, comercialización y expendio al público de petrolíferos.

El país se divide en 8 regiones basadas en parámetros como: suministro de petrolíferos, infraestructura existente en cada región y localización geográfica respecto de los mercados internacionales relevantes.

Obligaciones:

1. Reporte periódico estadístico de producción, importaciones, exportaciones, ventas e inventarios de petrolíferos. Las estadísticas deben estar desagregadas por región, por producto y subproducto petrolífero.
2. Almacenamiento de inventarios mínimos, en días, que reflejen los diversos factores que influyen en el tiempo de reabastecimiento de combustibles en cada una de las zonas del país.

Región	2020	2022		2025	
	Inventario mínimo	Inventario mínimo	Promedio trimestral	Inventario mínimo	Promedio trimestral
Noroeste	5	8	9	11	13
Norte	5	8	9	11	12
Noreste	5	8	9	10	12
Occidente	5	8	9	10	12
Centro	5	8	9	11	13
Sur	5	8	10	13	15
Golfo	5	8	9	10	12
Sureste	5	8	10	13	14

### 2018 Modificación

Cambio en fecha de inicio de obligaciones: 1 de julio de 2020

- Se eliminan las regiones para efectos de ubicación de inventarios, manteniéndose para efectos de reporte de información.
- Se homologan las obligaciones para lograr el efectivo cumplimiento de inventarios mínimos de petrolíferos en territorio nacional.
- Se establece que, como mínimo, el 50% de los inventarios mínimos deben ubicarse en la(s) terminal(es) que abastezca(n) de forma usual las estaciones de servicio.
- Será permitido almacenar gasolina base y componentes en el porcentaje necesario para su oxigenación, conforme a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-016-CRE-2016, reporte de información la gasolina base y los componentes deberán ser reportados como gasolina terminada.
- Cambian días de almacenamiento mínimo.

<b>2020</b>
Inventario mínimo
5
<b>2022</b>
Inventario mínimo
8
Promedio trimestral
9
<b>2025</b>
Inventario mínimo
11
Promedio trimestral
13



Figura 12. Evolución de la PPAMP. Elaboración propia con datos del Diario Oficial de la Federación.

## Capítulo 4

### Propuesta del proyecto de almacenamiento

#### 4.1 Justificación del proyecto

La región centro es la que tiene menor días de autonomía en almacenamiento terrestre a nivel nacional, por lo que adicionar una terminal de almacenamiento en esta área ayudaría a fortalecer y aumentar la seguridad en el suministro de combustibles en estos estados.

Desde la publicación de la PPAMP, como se mencionó con anterioridad, se han realizado diversas modificaciones para adaptarse mejor a las condiciones del país, por ejemplo, la eliminación de la división del país en regiones geográficas en las cuales debían localizarse los inventarios estratégicos. Esta modificación fue necesaria debido a la falta de terminales de almacenamiento en varias de las regiones con mayor cantidad de demanda, lo que impediría el cumplimiento de la obligación de mantener inventarios mínimos. En este sentido, se estableció que al menos el 50% de los inventarios mínimos debían ubicarse en las terminales que suministren mediante autotanke, permitiendo que el 50% de los inventarios restantes pudieran situarse en cualquier otra terminal dentro de territorio nacional (figura 12).

Aunado a este cambio, también se permitió que los comercializadores y distribuidores de gasolina, diésel y turbosina que acreditaran una capacidad insuficiente de almacenamiento de las terminales que suministran, para cumplir con al menos el 50% del inventario mínimo podrían cubrir el porcentaje faltante en otras terminales en territorio nacional (PPAMP, 2019)

Con estas modificaciones se evidencia la gran falta de infraestructura en almacenamiento en el país, impidiendo una distribución estratégica de inventarios en todas las regiones, siendo así que con una nueva terminal de almacenamiento terrestre (TAR) podría mejorarse la logística para abastecer el mercado en una situación de emergencia y lograr el cumplimiento de las metas de la Política Pública.

## 4.2 Alineación a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

La industria del petróleo permite fomentar el desarrollo económico y social al proporcionar acceso a energía asequible, oportunidades de empleo, desarrollo empresarial, ingresos fiscales, infraestructura mejorada, entre otras. Sin embargo, es necesario, afrontar los desafíos de esta industria para disminuir su huella de carbono, la degradación ambiental y el desplazamiento de la población.

Adicional a lo anterior, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, adoptada en septiembre de 2015 por los 193 Estados miembros de las Naciones Unidas (incluido México), refiere a un plan de acción mundial en favor de la población, el planeta y la prosperidad, el cual se compone de 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) que incluyen 169 metas de carácter universal que abarcan las tres dimensiones del desarrollo sostenible: social, económico y ambiental. De manera general, los ODS pretenden elevar de manera simultánea el nivel de vida de millones de personas de todo el mundo. (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, 2017).

En este sentido, el sector del petróleo y el gas puede tener impactos positivos en una variedad de áreas establecidas en los ODS que, en colaboración con los gobiernos, instituciones de investigación y desarrollo, comunidades, etc., pueden alcanzarse.

Esta propuesta, puede contribuir al aumento en la seguridad energética de nuestro país, y alineando sus operaciones contribuir a los ODS y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

Específicamente la Terminal de Almacenamiento propuesta en el municipio de Nopala de Villagrán contribuiría con dos ODS específicos:

### **Objetivo 9. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.**

La industrialización sostenible, innovación y una infraestructura de calidad son factores importantes para mejorar el desarrollo de los países haciendo que la economía mejore, y por tanto la vida de sus habitantes.

La construcción de una nueva terminal contribuiría al alcance de este objetivo al mejorar y hacer más eficiente la distribución de combustibles, lo que reduciría la probabilidad de tener contingencias por falta de una red eficiente de distribución en caso de alguna emergencia en el país, esto repercutiría directamente en la mejora de la calidad de vida de las personas pertenecientes a la comunidad y al país.

### **Objetivo 11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.**

Sostenibilidad consiste en satisfacer las necesidades que tenemos las personas hoy sin comprometer las necesidades de las generaciones del futuro, al mismo tiempo que hacer crecer la economía sin poner en peligro el medio ambiente.

Las ciudades sostenibles son las que logran garantizar los derechos de sus habitantes reduciendo al mismo tiempo el impacto ambiental.

Construir una infraestructura, como es la Terminal de Almacenamiento, de forma sostenible, es decir, contribuyendo a satisfacer las necesidades de la sociedad y siguiendo las normas bajo las que se rige este tipo de instalaciones para reducir el daño al medio ambiente, contribuirá al alcance de este objetivo (ODS, 2015).

## **4.3 Estudio de Localización**

La finalidad del estudio de localización es encontrar la ubicación más idónea para la construcción de una terminal de almacenamiento de gasolinas. Esta locación debe cumplir con ciertos criterios, planteados más adelante, apoyar en la optimización de gastos de inversión y operativos, así como reflejar el mayor beneficio económico y social posible.

La correcta selección de la localización condiciona el resultado del proyecto, pues ayuda a determinar su demanda, su duración y su éxito.

### **4.3.1 Factores de localización**

Al existir más de una opción para la terminal de almacenamiento, es importante elegir las variables determinantes para su selección, entre las que encontramos las siguientes:

### - **Vías de acceso**

El lugar donde se establezca el proyecto deberá tener diferentes medios de transporte y vialidades por las cuales acceder, ya sea para el transporte del combustible, desplazamiento de material en la etapa de construcción, o bien, para el acceso de vehículos y personal.

### - **Infraestructura de almacenamiento**

Conocer y evaluar la disponibilidad de almacenamiento de la zona proveniente de las terminales existentes dentro de la región permite evaluar la factibilidad del aumento en la capacidad de almacenamiento.

### - **Fuentes de abastecimiento**

Este es un factor fundamental ya que se debe asegurar la disponibilidad de insumos, así como el manejo lícito de hidrocarburos, y los costos de abastecimiento y distribución.

### - **Condiciones ambientales**

En proyectos donde se maneja combustible como principal insumo, es importante tomar en cuenta la temperatura. Establecer la localización del proyecto en un lugar con las condiciones óptimas es esencial para reducir pérdidas volumétricas.

### - **Características del terreno**

Estudiar y conocer el tipo de suelo existente en el lugar donde se localizará el proyecto permitirá tomar las mejores decisiones sobre las instalaciones y el proceso de construcción del proyecto. Algunas características por considerar son la litología existente, así como la probabilidad de ocurrencia de sismos y fenómenos meteorológicos.

### - **Población**

Así como las estaciones de servicio, conocer la cantidad de población en el área es parte importante de la demanda que tendrá nuestro producto. A mayor población, mayor necesidad de combustible.

### - **Densidad poblacional**

La relación sociedad – espacio permite conocer las condiciones de vida y la demanda del mercado, las cuales representan un factor determinante en cuestiones de prevención de riesgos a la población.

### - **Servicios básicos**

Los servicios públicos favorecen la operación de la empresa, por lo que es esencial ubicarse en regiones con suministros públicos seguros como lo son la energía eléctrica, abastecimiento de agua, servicio de gas, entre otros.

## **4.3.2 Localización**

En este trabajo se propone el estado de Hidalgo, específicamente el municipio de Nopala de Villagrán, como el sitio adecuado para la construcción de la terminal de almacenamiento. Para su selección se analizó las siguientes características clave:

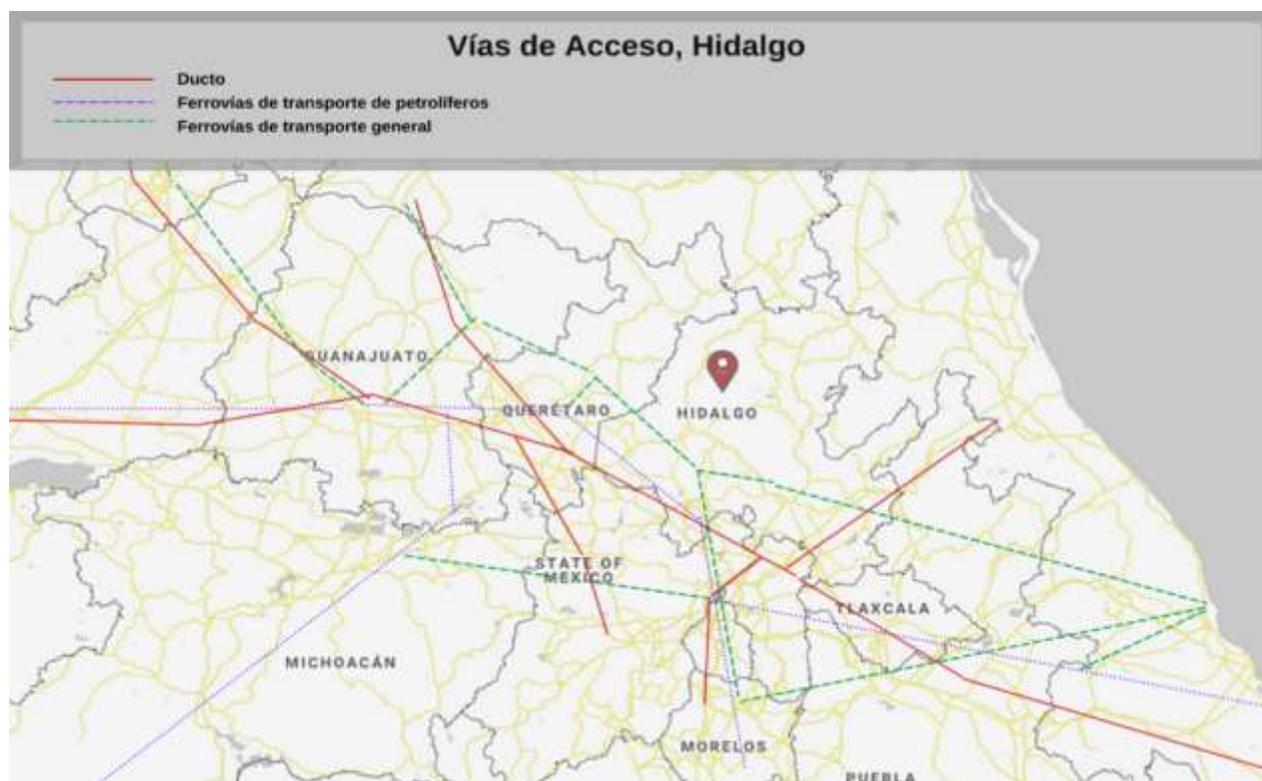
### **Vías de Acceso**

En México existen 4 modalidades de transporte por donde se mueve el petróleo y sus derivados; ductos, buque-tanque (marítimo), carro-tanque (ferroviario) y auto-tanque (carretero).

En cuanto a ductos, Petróleos Mexicanos (Pemex) cuenta con la mayor infraestructura para la recolección de pozos de extracción, transporte a las refinerías, petroquímicas, así como para la distribución de productos finales a las terminales de almacenamiento y consumidores finales.

Otro medio de transporte que se ha convertido en una vía relevante son los carro-tanques, que representan el segundo transporte terrestre más económico después de los ductos, donde a través de vías férreas se transporta los combustibles. Actualmente solo 6 empresas tienen permiso para esta movilización en México: Kansas City Southern, Ferromex, Ferrosur, Línea Coahuila Durango, Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec y Baja California Railroad (CRE, 2022).

Considerando lo anterior, la selección de Hidalgo se basó en que al encontrarse en la región centro del país, la conexión con rutas ferroviarias y carreteras es muy amplia, además por ella atraviesa el Sistema de ductos Sur-Golfo-Centro-Occidente, tal como se observa en el Mapa 13.

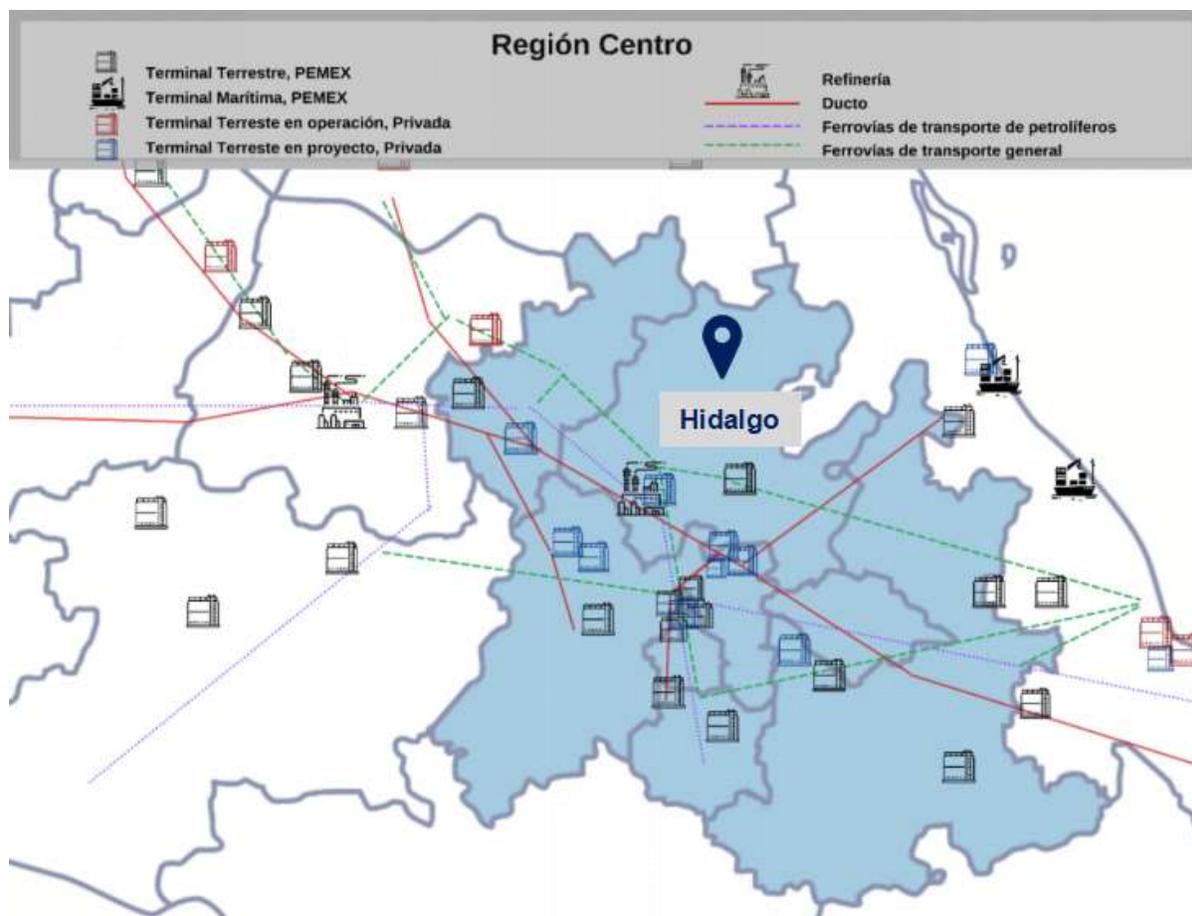


Mapa 13. Vías de acceso, Hidalgo. Elaboración propia con información de la CRE, 2022.

Por otro lado, en cuanto a la selección del municipio de Nopala de Villagrán, al estar localizado en el límite suroeste del estado, tiene salidas directas con Querétaro y el Estado de México por medio de las carreteras de San Juan del Río-Huichapan, Querétaro-México y Jilotepec-Maravillas. Además, dentro de sus límites pasa el sistema de ductos mencionado con anterioridad, el cual además de ofrecer un buen alcance y distribución de petrolíferos, al conectar las refinerías de Salamanca y Tula a través de sus ramajes sugiere un eficiente abastecimiento de combustible al tanque.

### Infraestructura de Almacenamiento

La región centro del país, donde se localiza Hidalgo, cuenta con una capacidad nominal de almacenamiento de 3,345 [Mbd]. En ella se encuentran 11 terminales terrestres de almacenamiento en operación pertenecientes a PEMEX y 10 en proyecto de empresas privadas, distribuidas como se observa en el mapa 14 (CRE, 2022).



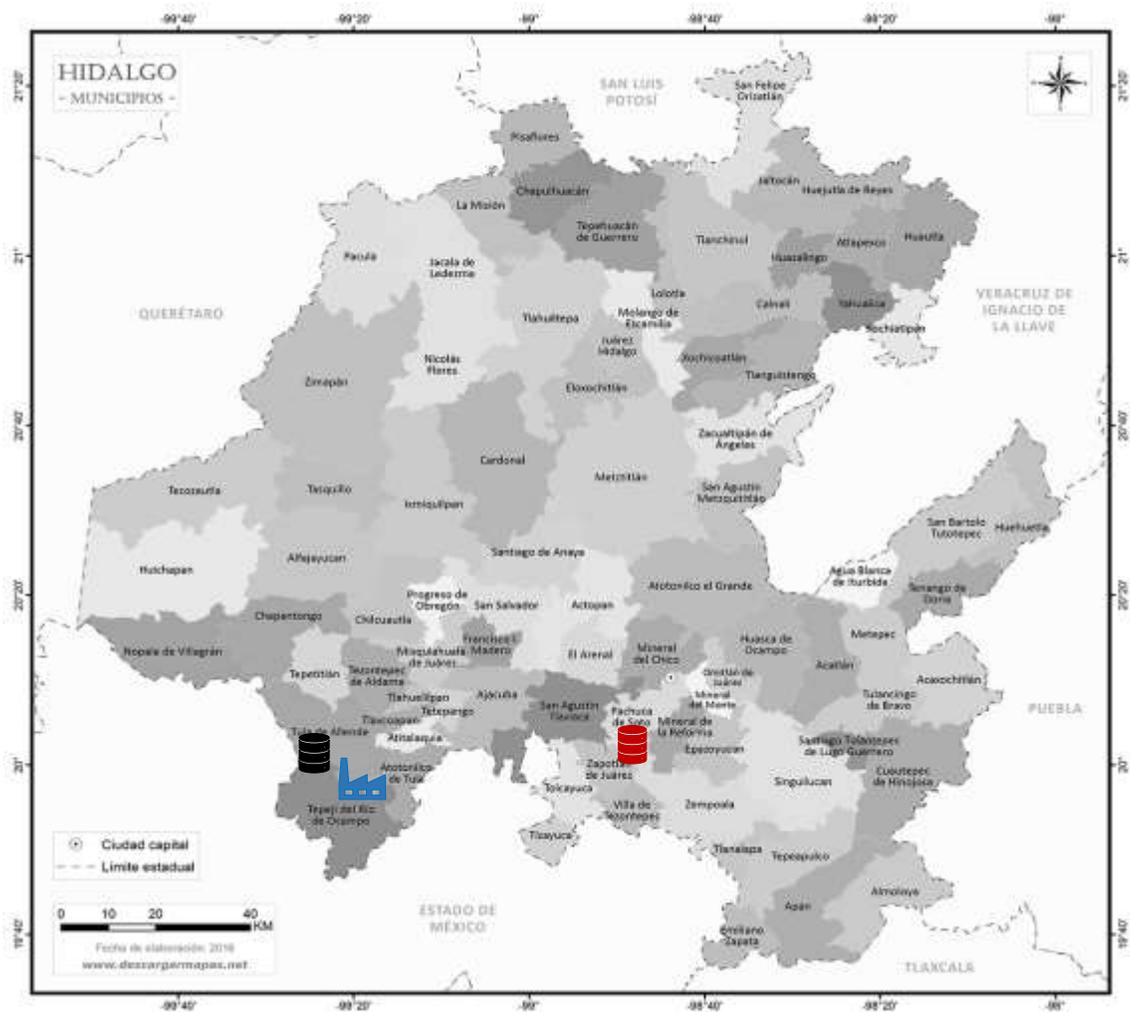
Mapa 14. Infraestructura de almacenamiento, Hidalgo. Elaboración propia con información de SENER y CRE, 2022.

Esta región a pesar de ser ampliamente cotizada por varias empresas para establecer terminales nuevas, por la creciente demanda de combustible proveniente principalmente del Estado de México y Querétaro permite continuar viendo estos proyectos como aciertos.

Específicamente en Hidalgo cuenta con dos terminales de almacenamiento, una perteneciente a Pemex y una más a cargo de la empresa Itzoil. En este sentido, la construcción del tanque de almacenamiento dentro de sus límites, con fácil acceso al mercado de los territorios aledaños con alta demanda resulta conveniente y atractivo.

## Fuentes de abastecimiento

Para esta propuesta deben considerarse dos objetivos clave: asegurar que los suministros se entreguen en tiempo y ofrecer un servicio a un costo competitivo, para ello las fuentes de abastecimiento cercanas al tanque de almacenamiento proveerán un suministro eficiente, permitiendo el desarrollo de las operaciones sin ningún tipo de inconveniente. En este sentido, tal como se observa en el mapa 15, la refinería “Miguel Hidalgo” de Tula, una de las más eficientes del país, fungiría como el proveedor principal del proyecto a través de la red del sistema de ductos Sur-Golfo-Centro-Occidente mencionado con anterioridad.



TAR Pemex



TAR Privados



Refinería “Miguel Hidalgo”,

Mapa 15. Fuentes de Abastecimiento, Hidalgo. Elaboración propia con información de SENER y CRE, 2022.

## Condiciones ambientales

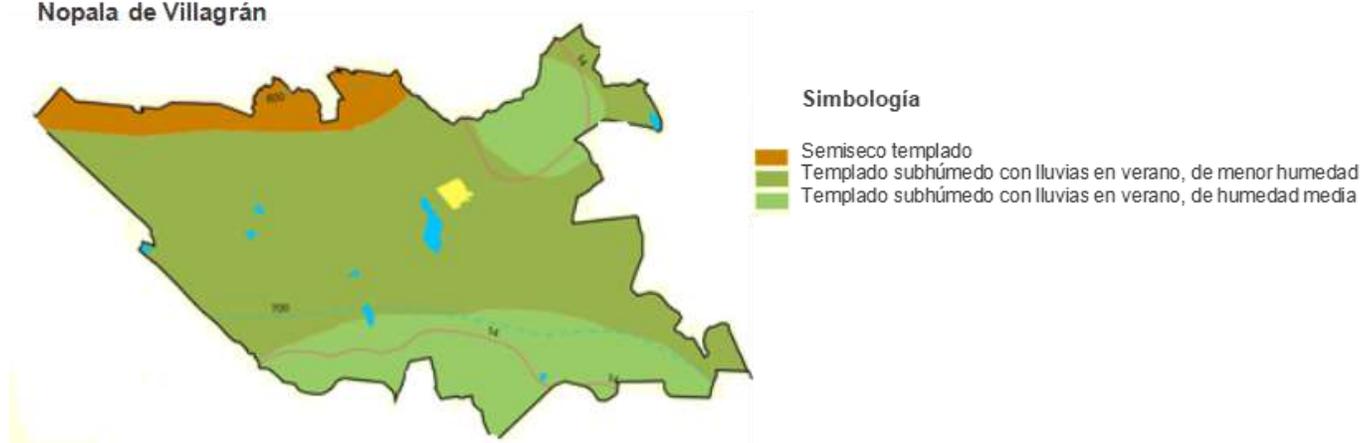
Las características climáticas donde se ubique la terminal son importantes para prever la necesidad de un sistema de aislamiento para conservar la temperatura, realizar el manejo seguro del petrolífero y disminuir las pérdidas de energía.

Un factor importante a considerar es la capacidad que tienen los líquidos como la gasolina de dilatarse o contraerse de acuerdo con la temperatura ambiente, por lo que la construcción de un tanque de almacenamiento en un lugar con un entorno con una temperatura que no altere las condiciones originales de los petrolíferos ayudará a evitar estas pérdidas, por esta razón es importante el monitoreo y control de la temperatura de los combustibles en las diferentes etapas de su manipulación (almacenamiento, transporte y entrega).

El tipo de clima predominante en Hidalgo es el semiseco templado y templado subhúmedo, al igual que en Nopala de Villagrán tal como se puede ver en el mapa 16, teniendo una temperatura media de 18°C, la cual al ser cercana a la temperatura estándar representa un sitio ideal para la construcción de la terminal de almacenamiento.

### Clima

Nopala de Villagrán



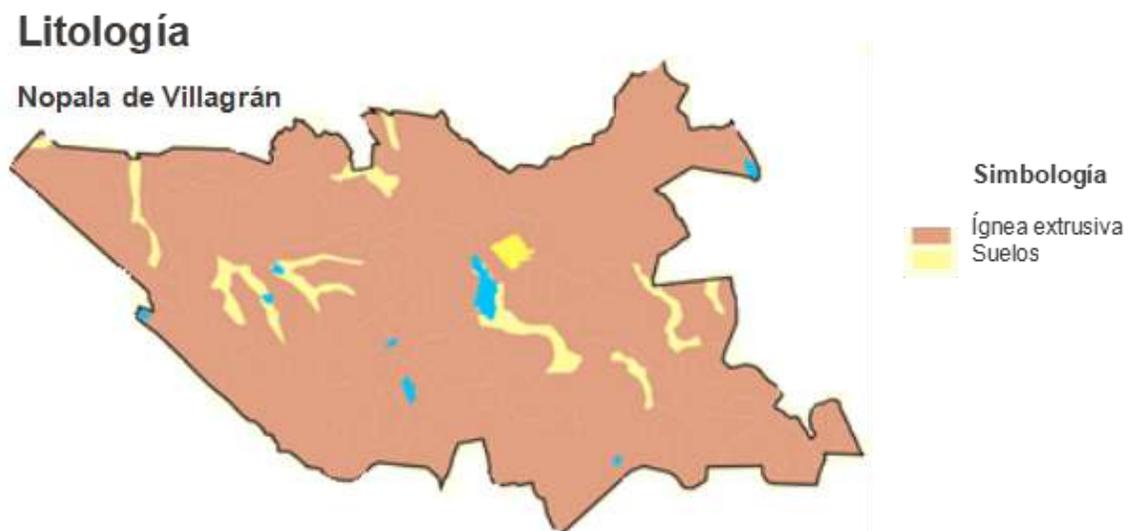
Mapa 16. Clima, Nopala de Villagrán. Modificado de Aspectos Geográficos, Hidalgo. INEGI, 2020.

## Características del terreno

Las características del terreno deben ser estudiadas minuciosamente ya que éstas tendrán un gran impacto al momento de la elección del diseño general del tanque. En este sentido, es

preciso seleccionar una cede con una capacidad de carga del suelo suficiente para facilitar el cumplimiento de las normas existentes, pues de esto dependerán las características generales de las instalaciones y construcción como el tipo de tanque, anclaje, cimentación, soportes, entre otros. Además, se debe evitar las zonas con alta probabilidad de ocurrencia de sismos y fenómenos meteorológicos de alto impacto.

En el caso de Nopala de Villagrán, al igual que el estado de Hidalgo la litología predominante es roca ígnea extrusiva tal como se observa en el mapa 17, lo cual proporcionaría una base estable y sólida capaz de sostener grandes proyectos como en este caso. Además, de acuerdo con la regionalización sísmica nacional, se destaca que no se encuentra dentro de una zona de peligro.



Mapa 17. Litología, Hidalgo. Modificado de Aspectos Geográficos, Hidalgo. INEGI, 2020.

## Población

Según datos del INEGI de 2020, tal como se observa en el Mapa 18, a nivel nacional se contaba con un total de 12,014,024 habitantes, de lo cual Hidalgo aportaba aproximadamente 3% equivalente a 3,082,841 habitantes, distribuidos en 84 municipios, siendo Pachuca de Soto y Mineral de la Reforma los más densamente poblados.



Mapa 18. Población, Hidalgo. Elaboración propia con datos de la INEGI, 2020.

En lo que respecta a la población, el estado de México es la entidad más poblada, en este sentido, por su colindancia con esta y otra entidades la construcción de la terminal de almacenamiento resultaría beneficiosa para cubrir la demanda propia, así como la de las entidades aledañas.

Por otro lado, específicamente Nopala de Villagrán cuenta con 16,948 [habitantes]. En este sentido, para la localización del tanque de almacenamiento se buscó que el municipio no fuera tan poblado, principalmente por el riesgo a la sociedad que este pudiese implicar, en lo cual se profundizará más adelante.

### Densidad poblacional

Según datos del INEGI de 2020, la densidad poblacional<sup>15</sup> en México fue de 64 [hab/km<sup>2</sup>] obtenida de una población total correspondiente a 126,014,024 habitantes repartida en casi dos

<sup>15</sup> Este indicador permite conocer el número de personas que habitan en una extensión territorial, es decir, la concentración poblacional existente, que como sabemos no es uniforme.

millones de kilómetros cuadrados. Esta relación sociedad – espacio permite conocer la dinámica existente en una región, así como su demanda en el mercado. En este sentido, este factor auxilió para confirmar la ubicación del proyecto cerca de un mercado con alta demanda como lo es el Estado de México, que cuenta con 760 [hab/km<sup>2</sup>].

Adicional a lo anterior, este indicador resulta determinante en cuestiones de seguridad poblacional, ya que identifica de manera general los lugares que pueden ser intervenidos por proyectos sin amenazar la integridad de los habitantes. Apoyados del argumento anterior, Hidalgo cuenta en promedio con 148 [hab/km<sup>2</sup>], representando un lugar conveniente para la ubicación del tanque de almacenamiento, ya que su concentración poblacional no es tan alta comparada con otras entidades.

Específicamente, el Municipio de Nopala de Villagrán fue considerado como el lugar idóneo para el posicionamiento del tanque de almacenamiento debido a que no es un lugar saturado de habitantes, contando con una densidad poblacional de aproximadamente 49 [hab/km<sup>2</sup>].

### **Servicios básicos**

Según datos del INEGI de 2020, Hidalgo ocupó el lugar número 17 a nivel nacional por su número de viviendas habitadas, equivalente a 857,174 viviendas, de las cuales el 99% cuentan con energía eléctrica, 75% de ellas están conectadas a la red de drenaje pública, y sólo el 67% dispone de agua potable.

Por otro lado, de acuerdo al Plan Municipal de Desarrollo de Nopala 2020 – 2024, este municipio cuenta con servicios básicos de energía eléctrica, agua potable y drenaje, que no alcanzan a cubrir el 100% debido a la dispersión poblacional existente, siendo así que la energía eléctrica cubre cerca del 97.6% de la población, los servicios de agua potable cerca del 95.4% y los servicios de drenaje el 83.11%

## 4.4 Estudio de Mercado

El desarrollo de este estudio asegura que existe mercado para el almacenamiento de gasolina. En general, gracias a la identificación de las características del mercado y el entendiendo de cómo es que funciona, se puede saber sí el servicio ofrecido resultará exitoso, y sí se podrá cubrir las necesidades y expectativas del mercado objetivo. En este sentido, a continuación, se analizan distintas variables a fin de conocer el mercado que se puede atender considerando la competencia existente, además evaluando su comportamiento en el tiempo determinar la capacidad necesaria de los tanques para poder cubrir estas necesidades.

### 4.4.1 Factores de localización

Las variables que fueron consideradas para en este estudio para asegurar la viabilidad del proyecto, se enlistan a continuación:

- **Proximidad de mercado**

La distancia existente entre la terminal de almacenamiento y los clientes potenciales puede resultar como ventaja sobre nuestros competidores, principalmente por los costos asociados a transportación.

- **Estaciones de servicio**

El número de estaciones de servicio permite conocer la demanda del servicio en la zona, por lo que deben identificarse las estaciones de servicio donde se venda combustible, ya que estos centros representan prospectos de clientes.

- **Sectores de actividad económica**

Conocer las ocupaciones esenciales para el desarrollo de la economía de una región puede determinar sí existirá una demanda local importante o sí será mayor el impacto del mercado colindante.

- **Vehículos de motor por entidad**

Esta variable refleja la demanda a cubrir en cuanto a vehículos existentes por entidad federativa.

#### - **Relación vehículos por estaciones de servicio**

Esta relación muestra la demanda vehicular existente en cada una de las estaciones de servicio, esto es, a mayor relación mayor demanda a cubrir.

#### - **Turismo**

La apertura turística aumenta las ventas de combustible promedio por día, lo que se traduce en una mayor demanda transitoria necesaria de satisfacer.

### **4.4.2 Análisis de mercado**

Para la selección de Hidalgo, específicamente del municipio de Nopala de Villagrán se analizó las siguientes características clave:

#### **Proximidad de mercado**

Ubicarse cerca del área comercial es muy importante, de hecho, es muy común que en algunos proyectos este sea el factor principal para seleccionar su localización, esto principalmente por la agilidad en la entrega de insumos y la reducción en cuanto a costos logísticos de transporte y distribución. En este sentido, una empresa bien localizada cuenta con una mayor ventaja competitiva sobre las demás.

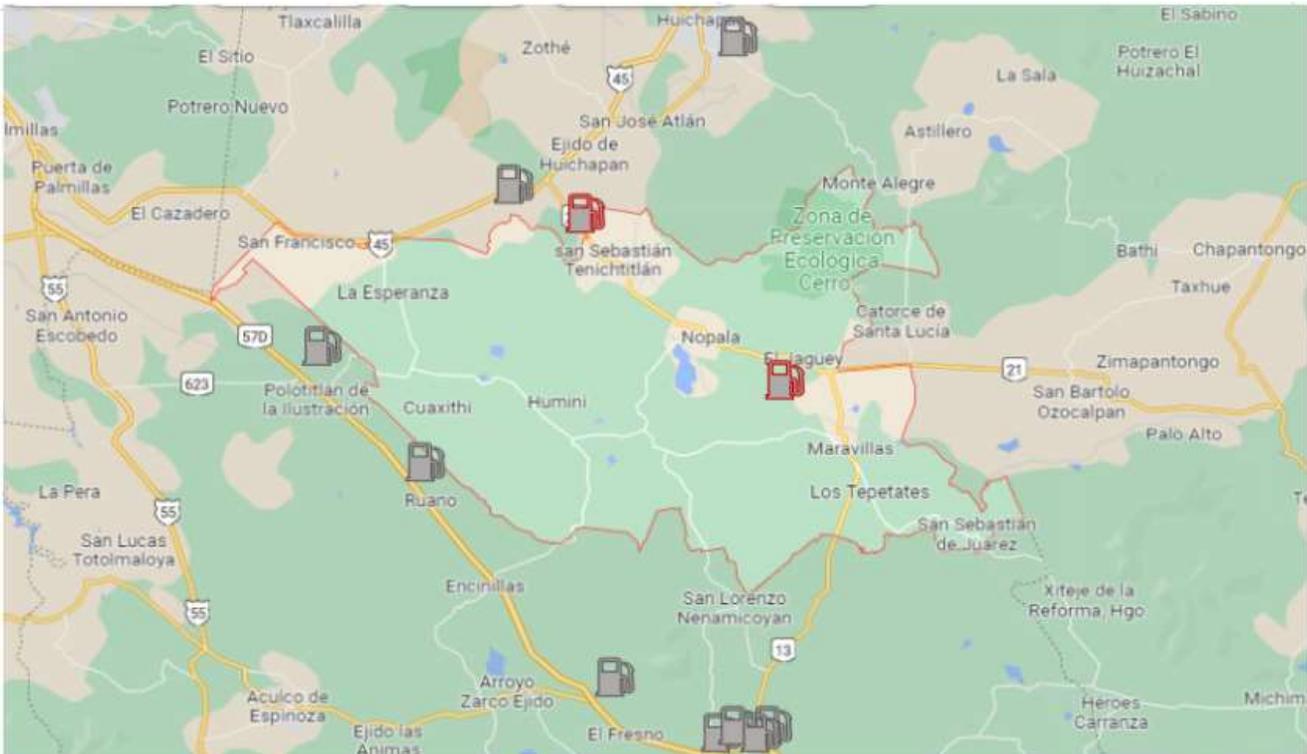
En el caso de esta propuesta, la distancia existente entre la terminal de almacenamiento y los clientes potenciales (Hidalgo, Estado de México, y Querétaro), así como la sólida infraestructura en cuanto a transporte antes analizada, permitirá un fácil acceso a los productos petrolíferos.

#### **Estaciones de Servicio**

A principios de 2022 había 12,925 estaciones de servicio en México, de las cuales 6,907 le pertenecían a PEMEX y 6,018 a empresas privadas. De esta cifra, el Estado de México, Jalisco y Veracruz eran los estados con el mayor número de ellas, con 1056, 955 y 778 estaciones respectivamente.

Por otro lado, Hidalgo cuenta con 305 gasolineras, cifra que, a pesar de estar debajo del promedio nacional, se vería apoyada por el mayor contribuidor, que es parte del mercado objetivo.

Específicamente, Nopala de Villagrán cuenta con sólo dos estaciones tal como se observa en el mapa 19, en este sentido a pesar de que el mercado dentro del municipio no es muy amplio, por la ubicación de la terminal en los límites del estado permite un fácil acceso las estaciones de servicio aledaña, lo cual resulta viable y atractivo para el proyecto.



Mapa 19. Estaciones de servicio, Nopala de Villagrán. Elaboración propia con información de SENER y CRE, 2022.

### Sectores de actividad económica

Específicamente el desarrollo económico de Hidalgo se basa en la industria manufacturera, además de contar con una participación importante en la industria cementera con grandes empresas como Cementos Mexicanos, Cruz Azul, Portland Blanco de México y Apasco.

Por otro lado, Hidalgo es considerado el quinto productor de electricidad a nivel nacional y se caracteriza por ser un estado autosuficiente, debido a que cuenta con varias plantas generadoras de electricidad, entre las que encontramos la Termoeléctrica Tula, Termoeléctrica Francisco Pérez, Presa Hidroeléctrica Fernando Hiriart y el Parque Solar Atlas. En este sentido, el mapa 20 muestra parte de su infraestructura productiva.

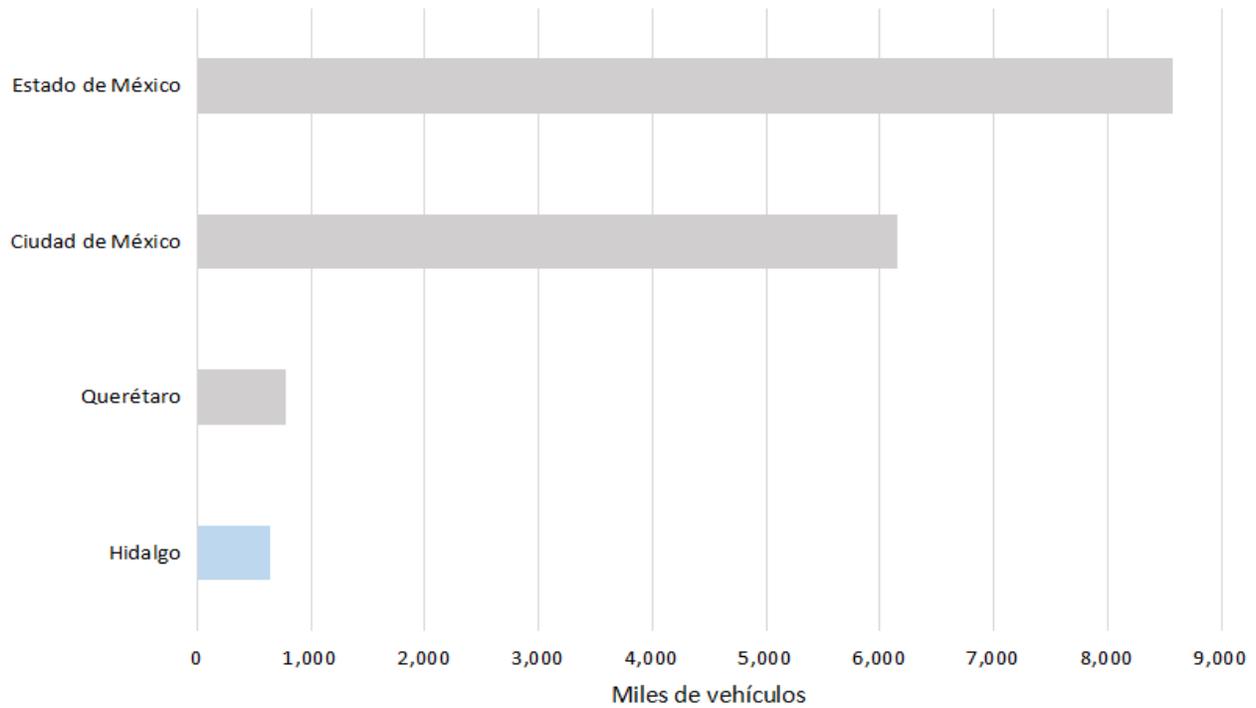


Mapa 20. Industria Manufacturera, Hidalgo. Elaboración propia con datos de la PPAMP, 2017.

## Vehículos de motor

Según datos del INEGI, para diciembre de 2020 a nivel nacional se contaba con un total de aproximadamente 50,538,000 vehículos de motor, siendo el estado de México la entidad de mayor contribución nacional, con aproximadamente 8,571,000 autos.

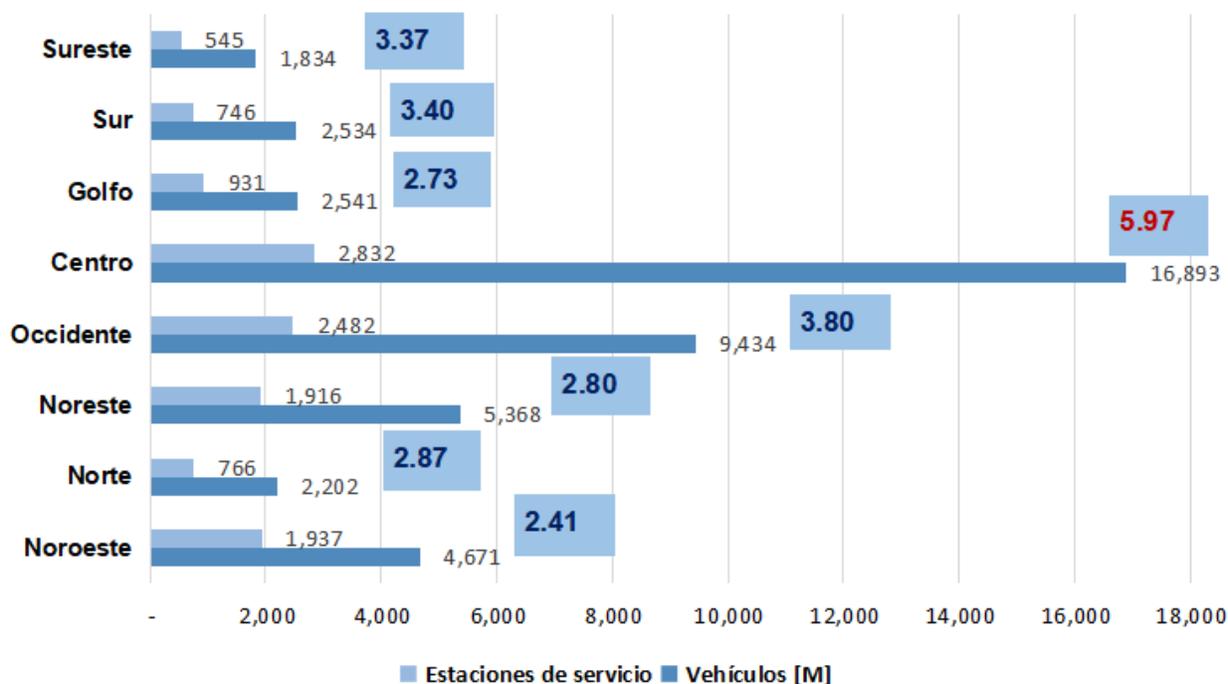
Hidalgo por otro lado ocupaba la posición de contribución número 25, con cerca de 664,000 vehículos de motor, tal como se puede observar en el gráfico 28. En este sentido, a pesar de que Hidalgo no ocupa una de las primeras posiciones en el ranking, al colindar con el Estado de México, resulta conveniente la construcción del tanque resulta conveniente para satisfacer su demanda. Además, no olvidemos que otro de nuestros mercados objetivo es Querétaro, que suma a esta demanda con un total de 778,000 vehículos de motor.



Gráfica 27. Número de vehículos de motor por entidad, 2022.

### Relación de vehículos por estaciones de servicio

Tal como se observa en el gráfico 29, la región centro es quien más cuenta con consumidores por estación de servicio. Esta región comprendida por Hidalgo, Querétaro, Ciudad de México, Tlaxcala, Puebla, Estado de México y Morelos, cuenta con la mayor cantidad de vehículos, lo cual se traduce en una gran demanda de combustibles en esta área.



Gráfica 28. Relación de vehículos y estaciones de servicio por región, 2022.

Aunado a lo anterior, según datos de la SENER, en el 2018 el Estado de México fue la entidad con la relación promedio más alta a nivel nacional, equivalente a 6.9 [Miles de vehículos/estación], mientras que Hidalgo tuvo una relación promedio equivalente a 2.6 [Miles de vehículos/estación] y Querétaro 1.7 [Miles de vehículos/estación]. Con estos datos se observa que esta propuesta de proyecto puede ofrecer beneficios para asegurar el abasto de combustible a estos consumidores de la región.

## Turismo

Los estados de la región centro se caracterizan por tener una gran oferta turística debido a su variedad arqueológica, cultural, gastronómica, de ecoturismo, etc. En este sentido, al recibir un gran número de turistas, la demanda de combustibles incrementa, sobre todo en los periodos vacacionales, por lo que las ventas promedio aumentan, por ello, el posicionamiento del proyecto de almacenamiento resultaría factible para satisfacer esta demanda temporal.

La figura 13 mostrada a continuación, numera el Top de Turismo en México, en ella se observa que el Estado de México se encuentra posicionado en el lugar número 14, mientras que Hidalgo ocupa el lugar 15.

 <b>Top Turismo en México</b>	
1	Ciudad de México
2	Quintana Roo
3	Jalisco
4	Veracruz
5	Guerrero
6	Guanajuato
7	Chihuahua
8	Baja California
9	Chiapas
10	Puebla
11	Tamaulipas
12	Oaxaca
13	Sinaloa
14	Estado de México
15	<b>Hidalgo</b>

Figura 13. Estados con mayor turismo en México. Información Turística por Entidad Federativa, 2022.

## 4.5 Planeación de Proyecto: Terminal de Almacenamiento de Gasolina

### 4.5.1 Descripción del proyecto

#### Terminal de Almacenamiento de Gasolina

Dada la demanda existente de infraestructura de almacenamiento de petrolíferos planteada en la PPAMP se propone la construcción de la Terminal de Almacenamiento y Reparto “Nopala”, la cual gracias a los estudios realizados con anterioridad conlleva a los resultados mostrados en esta sección, como en el caso del mapa 21.

Adicional a lo anterior, este sistema tiene planeado almacenar gasolina, recibiendo el producto a través de ductos desde la refinería “Miguel Hidalgo” localizada en Tula.



Mapa 21. Localización de la TAR Nopala. Elaboración propia con información de SENER y CRE, 2022



Mapa 22. Localización y coordenadas de la instalación. Elaboración propia.

Como puede verse en el mapa 22, la TAR se ubicará a en la carretera HGO 21, específicamente en las coordenadas  $20^{\circ}15'14.8''N$   $99^{\circ}39'13.5''W$ , encontrándose entre las calles “De Petróleos Mexicanos” y “Pino Suarez”.

Como se muestra en el mapa 23, la Terminal de Almacenamiento abarca una superficie de aproximadamente  $33 \text{ km}^2$ , área que contará con 9 tanques, detallados en la Tabla 8, que en conjunto ofrecen una capacidad total nominal de 295,870 bbls.

El material de construcción para los tanques será de acero al carbón, por lo que se espera que su tiempo de vida mínimo sea de al menos 30 años, que constituyen una inversión aproximada de cerca de 200 millones de pesos.



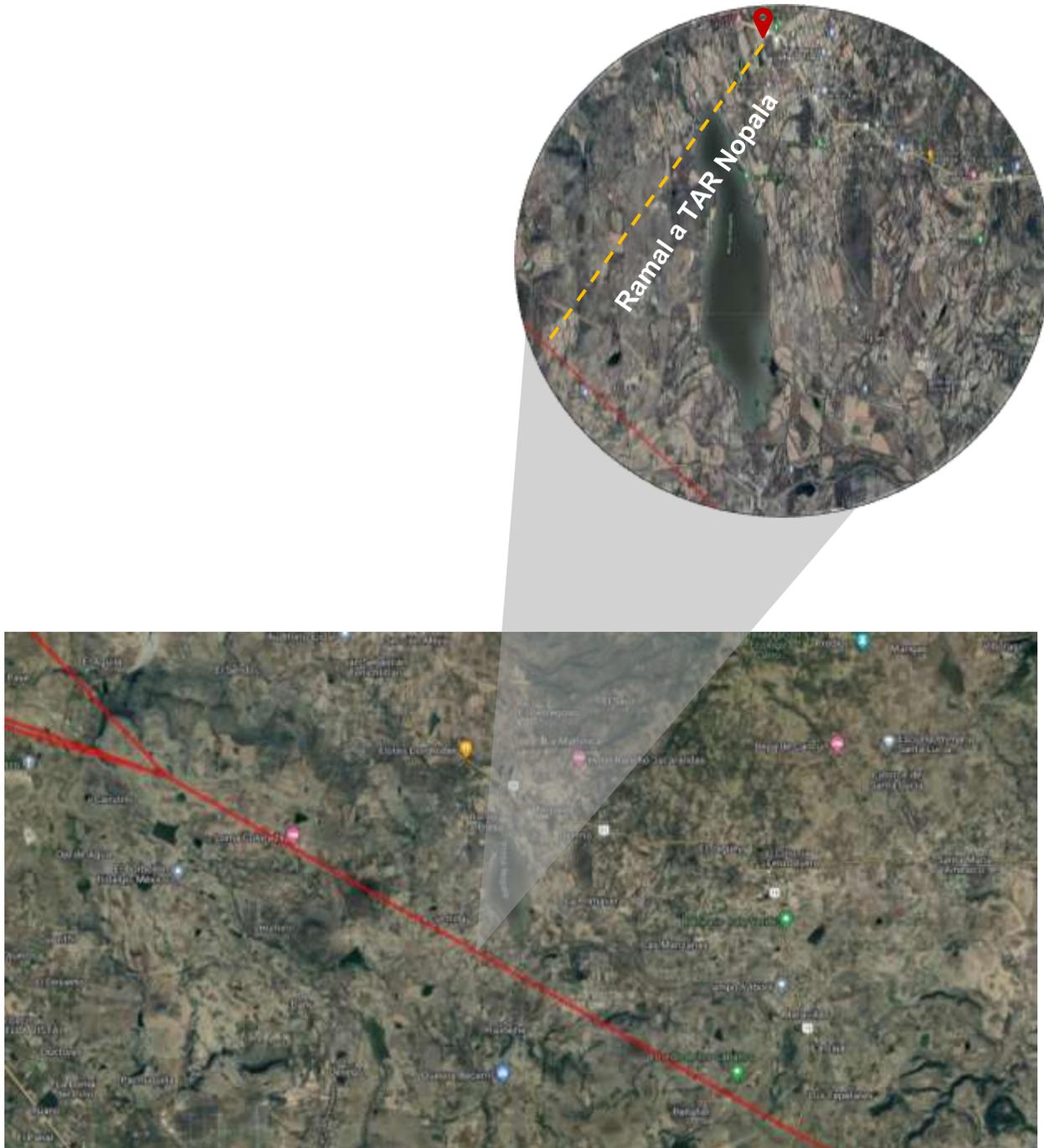
Mapa 23. Localización de la TAR Nopala. Elaboración propia

Tabla 8. Capacidad de diseño de tanques de la TAR Nopala.

Tipo de tanque	Capacidad de diseño (bbls)	Producto	Diámetro (m)	Altura (m)
TV-1 Cilíndrico Vertical Atmosférico Techo Fijo	50,000	Gasolina Magna	36	31.1
TV-2 Cilíndrico Vertical Atmosférico Techo Fijo	50,000	Gasolina Magna	36	31.1
TV-3 Cilíndrico Vertical Atmosférico Techo Fijo	50,000	Gasolina Magna	36	31.1
TV-4 Cilíndrico Vertical Atmosférico Techo Fijo	50,000	Gasolina Magna	36	31.1
TV-5 Cilíndrico Vertical Atmosférico Techo Fijo	30,000	Gasolina Premium	21.6	18.7
TV-6 Cilíndrico Vertical Atmosférico Techo Fijo	30,000	Gasolina Premium	21.6	18.7
TV-7 Cilíndrico Vertical Atmosférico Techo Fijo	20,000	Gasolina Magna	14.4	12.5
TV-9 Cilíndrico Vertical Atmosférico Techo Fijo	10,000	Residuos y agua	7.2	6.2

#### 4.5.2 Distribución y suministro

Al recibir el producto a través de ductos se propone la instalación de 1 ramal hasta la TAR Nopala, el cual deberá contar con una longitud aproximada de 4,150 metros, la cual ayudará a suministrar la planta. Esta desviación se observa gráficamente en el mapa 24.



Mapa 24. Distribución y suministro.

Por otro lado, en lo que respecta a la isla de carga o llenaderas, que refiere al sitio donde se suministra el producto desde los tanques de almacenamiento a los autotanques a través de tuberías, se consideró la instalación de 12 llenaderas con una línea por cada producto.

Este sistema de llenaderas deberá contar con brazos de llenado al autotanque con un diámetro de 4", que permita un flujo aproximado de 90 litros por minuto.

Adicional a lo anterior, se ha contemplado una unidad de recuperación para los vapores expedidos durante el proceso de carga, tal como lo indica la figura 14.

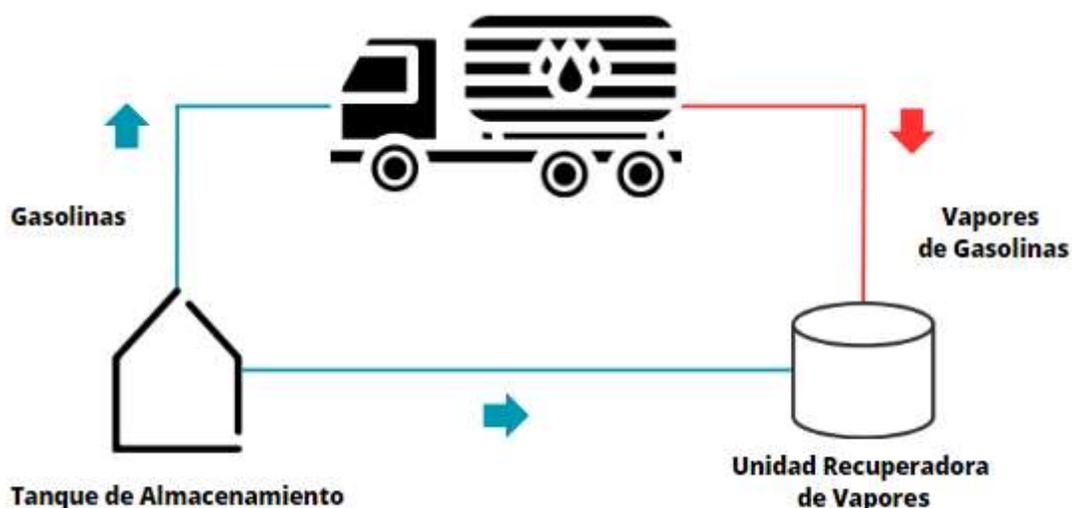


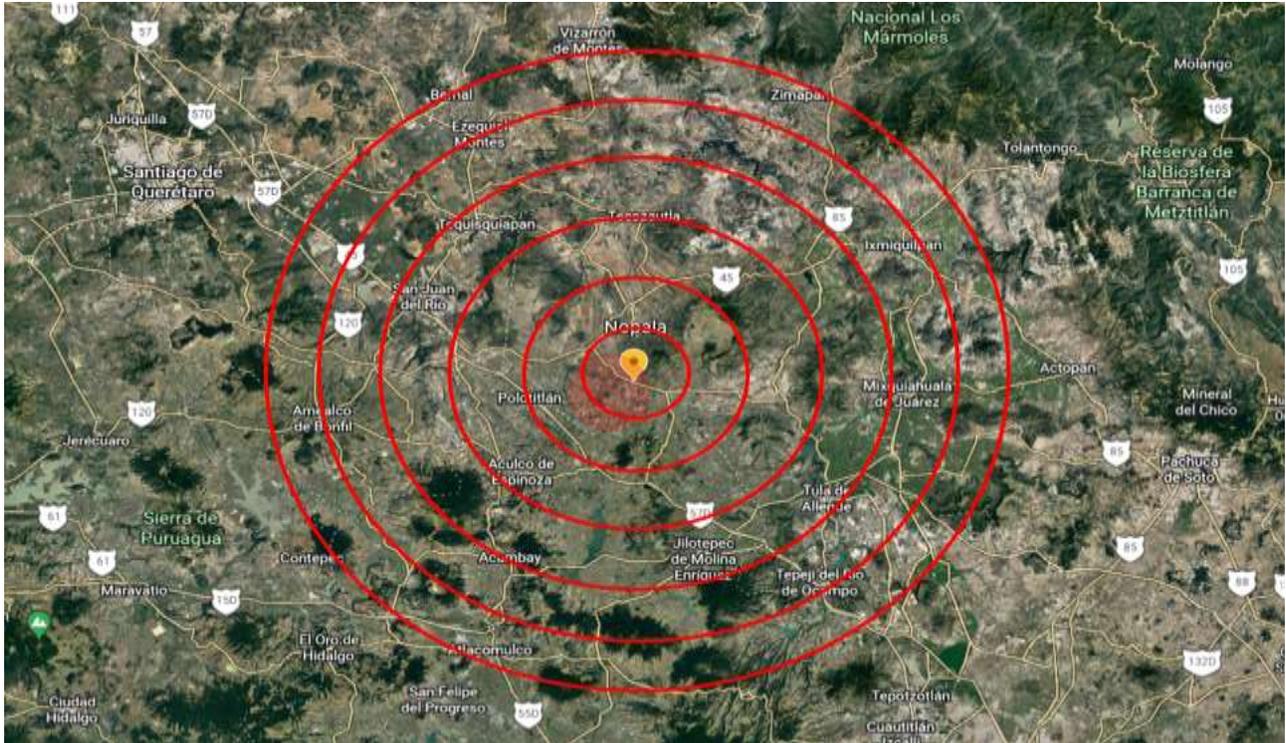
Figura 14. Sistema de recuperación de vapores, DOF, 2018.

### 4.5.3 Análisis de mercado a cubrir

Este análisis se realizó en función de las ventas regionales que se tienen en la zona, para ello lo primero que se evaluó fue el número aproximado de estaciones de servicio en distintos rangos de radio, analizando un total de 60 km a la redonda, como se muestra en el mapa 25, y obteniendo como resultado los datos de la tabla 9.

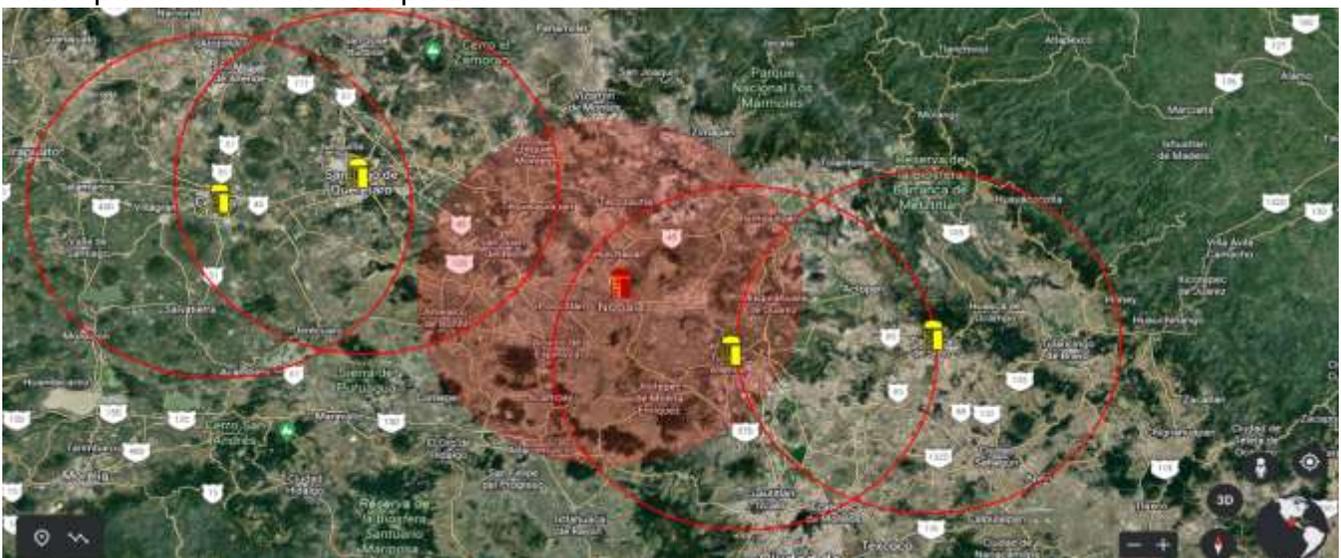
Tabla 9. Número de estaciones de servicio por radio.

Radio [km]	# Estaciones
0 - 10	2
10 - 20	12
20 - 30	12
30 - 40	47
40 - 50	40
50 - 60	78
Total	191



Mapa 25. Número de estaciones de servicio por radio.

Respecto a la competencia existente, se puede observar que además de la Terminal propuesta en Nopala de Villagrán, existen otras TAR con las que se tiene convivencia en el mercado. En un radio de 60 km, las TAR con las que se competiría en el mercado serían las localizadas en Santiago de Querétaro, Tula de Allende, y en menor proporción la ubicada en Pachuca de Soto, como puede verse en el mapa 26.



Mapa 26. Estaciones de servicio dentro del radio núcleo y convivencia del mercado

Aunado a lo anterior, se realizó una tabla de proporciones para conocer el mercado que podría cubrirse considerando la competencia existente. Esta relación consideró las 3 TAR en convivencia, motivo por el cual se consideró el cumplimiento de un tercio del mercado a cubrir en cada uno de los radios analizados, tal como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Discretización de estaciones de servicio por radio.

Radio [km]	# Estaciones	Mercado a cubrir (1/3)
0-10	2	1
10-20	12	4
20-30	12	4
30-40	47	16
40-50	40	13
50-60	78	26

Considerando lo anterior, en total se espera que con el proyecto se cubran alrededor de 81 estaciones, cifra que se obtiene de las estaciones a cubrir en el radio núcleo sumadas a la fracción equivalente a satisfacer por competencia en el mercado.

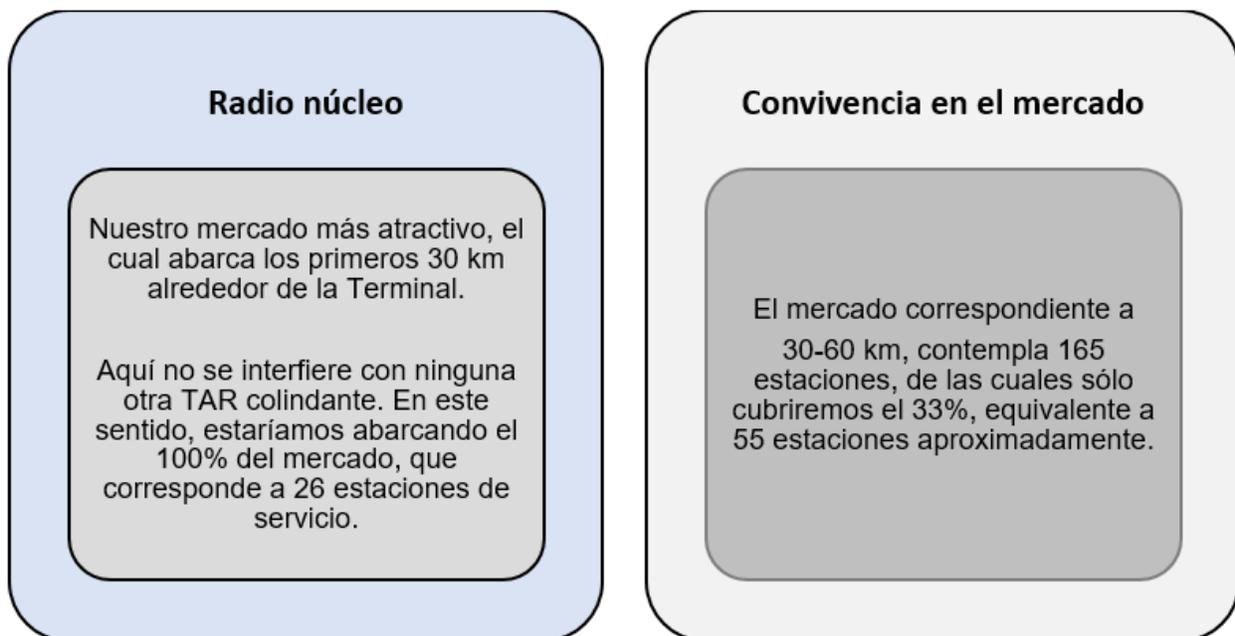


Figura 15. Radio núcleo y Convivencia en el mercado de la Terminal de Almacenamiento propuesta. Elaboración propia.

#### 4.5.4 Capacidad nominal y selección de tanques

Como vimos en el análisis anterior, nuestra Terminal de Almacenamiento estaría cubriendo 81 estaciones de servicio, las cuales cuentan con tanques de almacenamiento de cerca de 70,000 litros que se consumen diariamente dependiendo el nivel de consumo.

##### 4.5.4.1 Demanda

Para conocer la demanda de gasolina por estación se consideraron datos nacionales en cuanto a demanda diaria obtenidos del SIE del 2022, dando un total promedio de 69,953 litros/día. En este sentido, la demanda de las 81 estaciones correspondería a un total de 5,666,193 litros de gasolina diarios o bien 28,330,965 litros cada 5 días.

Considerando las obligaciones plasmadas en la PPAMP, la capacidad de la terminal de almacenamiento propuesta equivale al doble de la demanda de las 26 estaciones que se encuentran en el radio núcleo, más la mitad de la demanda de las 55 estaciones del mercado intermitente, dando como resultado un total de 295,870 bbl/sem como capacidad nominal, que sumados en 10% representan la demanda operativa equivalente a 266,283 bbl/sem.

En este sentido, cabe mencionar que, basado en estas cifras, se diseñó y eligió la capacidad de cada uno de los tanques de la terminal.

#### 4.5.8 Escenario de suministro

##### Pipas

Considerando que la demanda semanal de las 81 estaciones corresponde a 28,330,965 litros por semana, y que las pipas cuentan una capacidad aproximada de 20,000 litros, se necesitarían aproximadamente 1,416 pipas por semana para distribuir el combustible.

Por lo anterior, se propone considerar un viaje cada 2 semanas (14 días) para suministrar a las diferentes estaciones, a tal efecto se obtuvo un total de 101 pipas por día.

#### 4.5.9 Propuesta de modelos tarifarios

La comisión reguladora de energía (CRE) es la encargada de expedir, mediante disposiciones administrativas de carácter general, la regulación de las contraprestaciones, precios o tarifas para las actividades permisionadas, como es el caso del almacenamiento de petrolíferos, la cual se puede obtener de dos maneras:

- Volumen almacenado; se refiere a un volumen estacionario invariante en el tiempo.
- Volumen desplazado; es un volumen de producto fluyendo a lo largo del tiempo.

Para el caso del proyecto se decidió adoptar la tarifa por volumen desplazado, donde a mayor volumen desplazado, menor será la tarifa, resultando en precios competitivos para nuestros clientes en el mercado. En este sentido, en la tabla 11 se presentan dos modelos de tarifas propuestas a la CRE, para los cuales se consideraron datos de tarifas máximas para almacenamiento de petrolíferos de Pemex publicadas por la CRE.

Tabla 11. Modelos propuestos a la CRE de tarifas por flujo.

Modelo 1	
Vol. desplazado (bbl/mes)	Tarifa (USD/bbl)
0 – 425,250	2.46
425,251 – 850,498	2.02
850,499 – 1,063,123	1.5
> 1,063,123	1.06

Modelo 2	
Vol. desplazado (bbl/mes)	Tarifa (USD/bbl)
0 – 410,000	2.46
410,001 – 471,500	2.19
471,501 – 512,500	2.04
512,501 – 553,500	1.91
553,501 – 574,000	1.86
574,001 – 615,000	1.76
615,001 – 697,000	1.59
697,001 – 820,000	1.41
820,001 – 1,025,000	1.2
> 1,025,000	1.06

## 4.5.10 Plan de trabajo en herramienta de gestión de proyectos

### 4.5.10.1 Cronograma

Se empleo la herramienta privativa Oracle Primavera Cloud que es una interfaz en la nube para la gestión de proyectos, permite visualizar de cada una de las actividades, así como de los entregables que componen el programa final, mismo que al ser calculado arroja una ruta

crítica que marca un estimado de su fecha de fin. En este sentido, se contempló desde el anteproyecto hasta la puesta en operación de la terminal de almacenamiento.

Aunado a lo anterior, en la figura 16 se presenta la estructura dividida de trabajo (WBS), la cual muestra de manera general el plan de trabajo del proyecto, donde cada uno de sus elementos representan entregables importantes a lo largo de la vida del mismo.

ID *	Name *
☾ TAR - NOPALA - Terminal de Almacenamiento y Reparto "Nopala"	Terminal de Almacenamiento y Reparto "Nopala"
⊕ 1 - Anteproyecto	Anteproyecto
☾ 2 - Estudios	Estudios
⊕ 1 - Localización	Localización
⊕ 2 - Mercado	Mercado
⊕ 3 - Planeación del proyecto	Planeación del proyecto
☾ 4 - Tramitología	Tramitología
⊕ 1 - Documentación requerida	Documentación requerida
⊕ 2 - Permiso de almacenamiento de petrolíferos	Permiso de almacenamiento de petrolíferos
⊕ 3 - Modelos tarifarios	Modelos tarifarios
☾ 5 - Ejecución del proyecto	Ejecución del proyecto
⊕ 1 - Adecuación del terreno	Adecuación del terreno
⊕ 2 - Construcción e instalaciones	Construcción e instalaciones
⊕ 6 - Puesta en operación	Puesta en operación

Figura 16. WBS del proyecto.

El gráfico de Gantt de la figura 17 permite visualizar el cronograma por fases de tiempo, lo cual de manera conjunta permite conocer el pronóstico de la fecha de finalización de cada uno de los entregables, así como del proyecto en general, considerando como fecha de inicio del proyecto el 02 de enero de 2023.

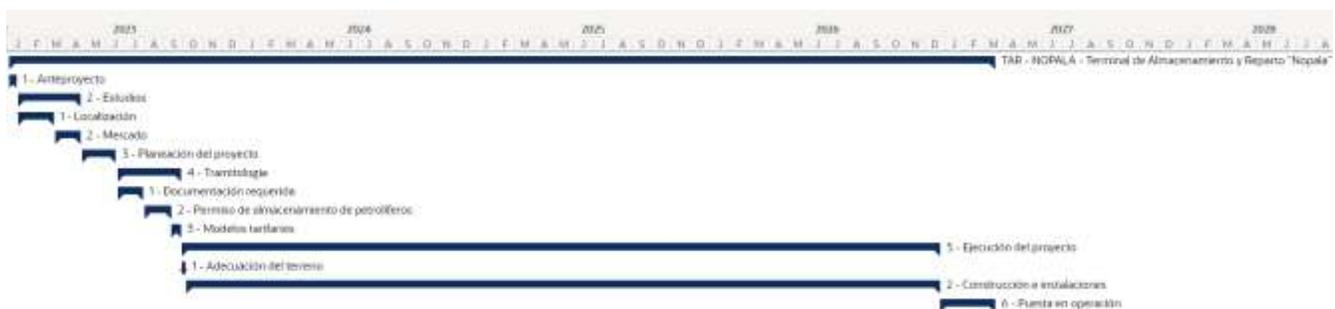


Figura 17. Gantt del proyecto.

Por otro lado, el análisis detallado con actividades que representa el trabajo a desarrollar para completar el proyecto de manera exitosa se muestra en la figura 18.

ID *	Name *	Planned Duration	Start	Finish
TAR - NOPALA - Terminal de Almacenamiento y Reparto "Nopala"	Terminal de Almacenamiento y Reparto "Nopala"	1,090d	02-Jan-25	17-Mar-27
1 - Anteproyecto	Anteproyecto	10d	02-Jan-25	13-Jan-25
A1000	Identificación del problema	0d	02-Jan-25	
A1010	Definición de objetivos y alcance	10d	02-Jan-25	13-Jan-25
2 - Estudios	Estudios	70d	16-Jan-25	21-Apr-25
1 - Localización	Localización	40d	16-Jan-25	10-Mar-25
A1020	Vías de acceso	10d	16-Jan-25	27-Jan-25
A1030	Infraestructura de almacenamiento	10d	30-Jan-25	10-Feb-25
A1040	Fuentes de almacenamiento	10d	30-Jan-25	10-Feb-25
A1050	Condiciones ambientales	10d	13-Feb-25	24-Feb-25
A1060	Características del terreno	10d	13-Feb-25	24-Feb-25
A1070	Población	10d	27-Feb-25	10-Mar-25
A1080	Densidad poblacional	10d	27-Feb-25	10-Mar-25
A1090	Servicios básicos	10d	27-Feb-25	10-Mar-25
A1100	Fin estudio de localización	0d		10-Mar-25
2 - Mercado	Mercado	30d	13-Mar-25	21-Apr-25
A1110	Proximidad de mercado	10d	13-Mar-25	24-Mar-25
A1120	Estaciones de servicio	10d	13-Mar-25	24-Mar-25
A1130	Sectores de actividad económica	10d	27-Mar-25	07-Apr-25
A1140	Vehículos de motor	10d	27-Mar-25	07-Apr-25
A1150	Relación de vehículos por estación de servicio	10d	27-Mar-25	07-Apr-25
A1160	Turismo	10d	10-Apr-25	21-Apr-25
A1170	PIB per cápita	10d	10-Apr-25	21-Apr-25
A1180	Fin de estudio de mercado	0d		21-Apr-25
3 - Planeación del proyecto	Planeación del proyecto	40d	24-Apr-25	16-Jun-25
A1190	Generalidades	5d	24-Apr-25	28-Apr-25
A1200	Distribución y suministro	5d	01-May-25	05-May-25
A1210	Análisis de mercado a cubrir	10d	08-May-25	19-May-25
A1220	Capacidad nominal y selección de tanques	10d	22-May-25	02-Jun-25
A1230	Escenario de suministro	5d	05-Jun-25	09-Jun-25
A1240	Propuesta de modelos tarifarios	5d	12-Jun-25	16-Jun-25
A1250	Fin de planeación del proyecto	0d		16-Jun-25
4 - Tramitología	Tramitología	72d	19-Jun-25	26-Sep-25
1 - Documentación requerida	Documentación requerida	30d	19-Jun-25	28-Jul-25
A1260	Acta del proyecto	10d	19-Jun-25	30-Jun-25
A1270	Dictamen ASEA	10d	05-Jul-25	14-Jul-25
A1280	Impacto ambiental	10d	05-Jul-25	14-Jul-25
A1290	Evaluación de impacto social SENER	10d	17-Jul-25	28-Jul-25
A1300	Fin de documentación requerida	0d		28-Jul-25
2 - Permiso de almacenamiento de petrolíferos	Permiso de almacenamiento de petrolíferos	31d	31-Jul-25	11-Sep-25
A1310	Registro en la OPE	1d	31-Jul-25	31-Jul-25
A1320	Pago de aprovechamientos	5d	01-Aug-25	07-Aug-25
A1330	Solicitud de permiso de almacenamiento de petrolíferos	5d	08-Aug-25	14-Aug-25
A1340	Proceso de otorgación del permiso por parte de la CRE	20d	15-Aug-25	11-Sep-25
A1350	Fin del proceso de tramitología	0d		11-Sep-25
3 - Modelos tarifarios	Modelos tarifarios	11d	12-Sep-25	26-Sep-25
A1360	Propuestas de modelos de tarifas	5d	12-Sep-25	18-Sep-25
A1370	Envío de modelos tarifarios a la CRE	1d	19-Sep-25	19-Sep-25
A1380	Selección del modelo tarifario por parte de la CRE	5d	20-Sep-25	26-Sep-25
A1390	Fin de envío de modelos tarifarios	0d		26-Sep-25
5 - Ejecución del proyecto	Ejecución del proyecto	846d	27-Sep-25	25-Nov-26
1 - Adecuación del terreno	Adecuación del terreno	5d	27-Sep-25	03-Oct-25
A1400	Inicio del proyecto	0d	27-Sep-25	
A1410	Limpieza de sitio	5d	27-Sep-25	03-Oct-25
2 - Construcción e instalaciones	Construcción e instalaciones	841d	04-Oct-25	25-Dec-26
1 - Construcción de edificios del inmueble	Construcción de edificios del inmueble	10d	04-Oct-25	25-Oct-25
A1420	Barda perimetral	5d	04-Oct-25	10-Oct-25
A1430	Áreas administrativas	5d	11-Oct-25	17-Oct-25
A1440	Baños	5d	16-Oct-25	20-Oct-25
A1450	Cisterna	5d	19-Oct-25	25-Oct-25
2 - Instalaciones	Instalaciones	10d	26-Oct-25	08-Nov-25
A1460	Instalación hidráulica y sanitaria	5d	26-Oct-25	01-Nov-25
A1470	Instalación eléctrica	5d	02-Nov-25	08-Nov-25

5 - Tanques de almacenamiento		Tanques de almacenamiento	725d	09-Nov-23	19-Aug-26
5 - Tanque 1		Tanque 1	145d	09-Nov-23	29-May-24
■ A1480	Desarrollo de la ingeniería de detalle		20d	09-Nov-23	06-Dec-23
■ A1490	Obras de cimentación		10d	07-Dec-23	20-Dec-23
■ A1500	Trabajos de montaje en campo (Fondo, Carcasa y Techo)		20d	21-Dec-23	17-Jan-24
■ A1510	Instalación de accesorios (Plataforma, pasamanos, etc.)		10d	18-Jan-24	31-Jan-24
■ A1520	Líneas de recepción		10d	01-Feb-24	14-Feb-24
■ A1530	Líneas de suministro		10d	08-Feb-24	21-Feb-24
■ A1540	Sistema de drenajes pluviales y químicos (Derrames)		10d	22-Feb-24	06-Mar-24
■ A1550	Trabajos contra incendio		10d	07-Mar-24	20-Mar-24
■ A1560	Racks de tuberías		10d	21-Mar-24	05-Apr-24
■ A1570	Infraestructura eléctrica		10d	04-Apr-24	17-Apr-24
■ A1580	Instrumentación sistema automatización y control		10d	18-Apr-24	01-May-24
■ A1590	Pruebas (Rayos X, partículas magnéticas, prueba de vacío, etc.)		20d	02-May-24	29-May-24
WBS431 - Tanque 2		Tanque 2	145d	09-Nov-23	29-May-24
■ A1600	Desarrollo de la ingeniería de detalle		20d	09-Nov-23	06-Dec-23
■ A1610	Obras de cimentación		10d	07-Dec-23	20-Dec-23
■ A1620	Trabajos de montaje en campo (Fondo, Carcasa y Techo)		20d	21-Dec-23	17-Jan-24
■ A1630	Instalación de accesorios (Plataforma, pasamanos, etc.)		10d	18-Jan-24	31-Jan-24
■ A1640	Líneas de recepción		10d	01-Feb-24	14-Feb-24
■ A1650	Líneas de suministro		10d	08-Feb-24	21-Feb-24
■ A1660	Sistema de drenajes pluviales y químicos (Derrames)		10d	22-Feb-24	06-Mar-24
■ A1670	Trabajos contra incendio		10d	07-Mar-24	20-Mar-24
■ A1680	Racks de tuberías		10d	21-Mar-24	05-Apr-24
■ A1690	Infraestructura eléctrica		10d	04-Apr-24	17-Apr-24
■ A1700	Instrumentación sistema automatización y control		10d	18-Apr-24	01-May-24
■ A1710	Pruebas (Rayos X, partículas magnéticas, prueba de vacío, etc.)		20d	02-May-24	29-May-24
WBS441 - Tanque 3		Tanque 3	145d	30-May-24	18-Dec-24
■ A1720	Desarrollo de la ingeniería de detalle		20d	30-May-24	26-Jun-24
■ A1730	Obras de cimentación		10d	27-Jun-24	10-Jul-24
■ A1740	Trabajos de montaje en campo (Fondo, Carcasa y Techo)		20d	11-Jul-24	07-Aug-24
■ A1750	Instalación de accesorios (Plataforma, pasamanos, etc.)		10d	08-Aug-24	21-Aug-24
■ A1760	Líneas de recepción		10d	22-Aug-24	04-Sep-24
■ A1770	Líneas de suministro		10d	29-Aug-24	11-Sep-24
■ A1780	Sistema de drenajes pluviales y químicos (Derrames)		10d	12-Sep-24	25-Sep-24
■ A1790	Trabajos contra incendio		10d	26-Sep-24	09-Oct-24
■ A1800	Racks de tuberías		10d	10-Oct-24	25-Oct-24
■ A1810	Infraestructura eléctrica		10d	24-Oct-24	06-Nov-24
■ A1820	Instrumentación sistema automatización y control		10d	07-Nov-24	20-Nov-24
■ A1830	Pruebas (Rayos X, partículas magnéticas, prueba de vacío, etc.)		20d	21-Nov-24	18-Dec-24
WBS451 - Tanque 4		Tanque 4	145d	30-May-24	18-Dec-24
■ A1840	Desarrollo de la ingeniería de detalle		20d	30-May-24	26-Jun-24
■ A1850	Obras de cimentación		10d	27-Jun-24	10-Jul-24
■ A1860	Trabajos de montaje en campo (Fondo, Carcasa y Techo)		20d	11-Jul-24	07-Aug-24
■ A1870	Instalación de accesorios (Plataforma, pasamanos, etc.)		10d	08-Aug-24	21-Aug-24
■ A1880	Líneas de recepción		10d	22-Aug-24	04-Sep-24
■ A1890	Líneas de suministro		10d	29-Aug-24	11-Sep-24
■ A1900	Sistema de drenajes pluviales y químicos (Derrames)		10d	12-Sep-24	25-Sep-24
■ A1910	Trabajos contra incendio		10d	26-Sep-24	09-Oct-24
■ A1920	Racks de tuberías		10d	10-Oct-24	25-Oct-24
■ A1930	Infraestructura eléctrica		10d	24-Oct-24	06-Nov-24
■ A1940	Instrumentación sistema automatización y control		10d	07-Nov-24	20-Nov-24
■ A1950	Pruebas (Rayos X, partículas magnéticas, prueba de vacío, etc.)		20d	21-Nov-24	18-Dec-24
WBS461 - Tanque 5		Tanque 5	145d	19-Dec-24	09-Jul-25
■ A1960	Desarrollo de la ingeniería de detalle		20d	19-Dec-24	15-Jan-25
■ A1970	Obras de cimentación		10d	16-Jan-25	29-Jan-25
■ A1980	Trabajos de montaje en campo (Fondo, Carcasa y Techo)		20d	30-Jan-25	26-Feb-25
■ A2000	Instalación de accesorios (Plataforma, pasamanos, etc.)		10d	27-Feb-25	12-Mar-25
■ A2010	Líneas de recepción		10d	15-Mar-25	26-Mar-25
■ A2020	Líneas de suministro		10d	20-Mar-25	02-Apr-25
■ A2030	Sistema de drenajes pluviales y químicos (Derrames)		10d	03-Apr-25	16-Apr-25
■ A2040	Trabajos contra incendio		10d	17-Apr-25	30-Apr-25
■ A2050	Racks de tuberías		10d	01-May-25	14-May-25
■ A2060	Infraestructura eléctrica		10d	15-May-25	28-May-25
■ A2070	Instrumentación sistema automatización y control		10d	29-May-25	11-Jun-25
■ A2080	Pruebas (Rayos X, partículas magnéticas, prueba de vacío, etc.)		20d	12-Jun-25	09-Jul-25

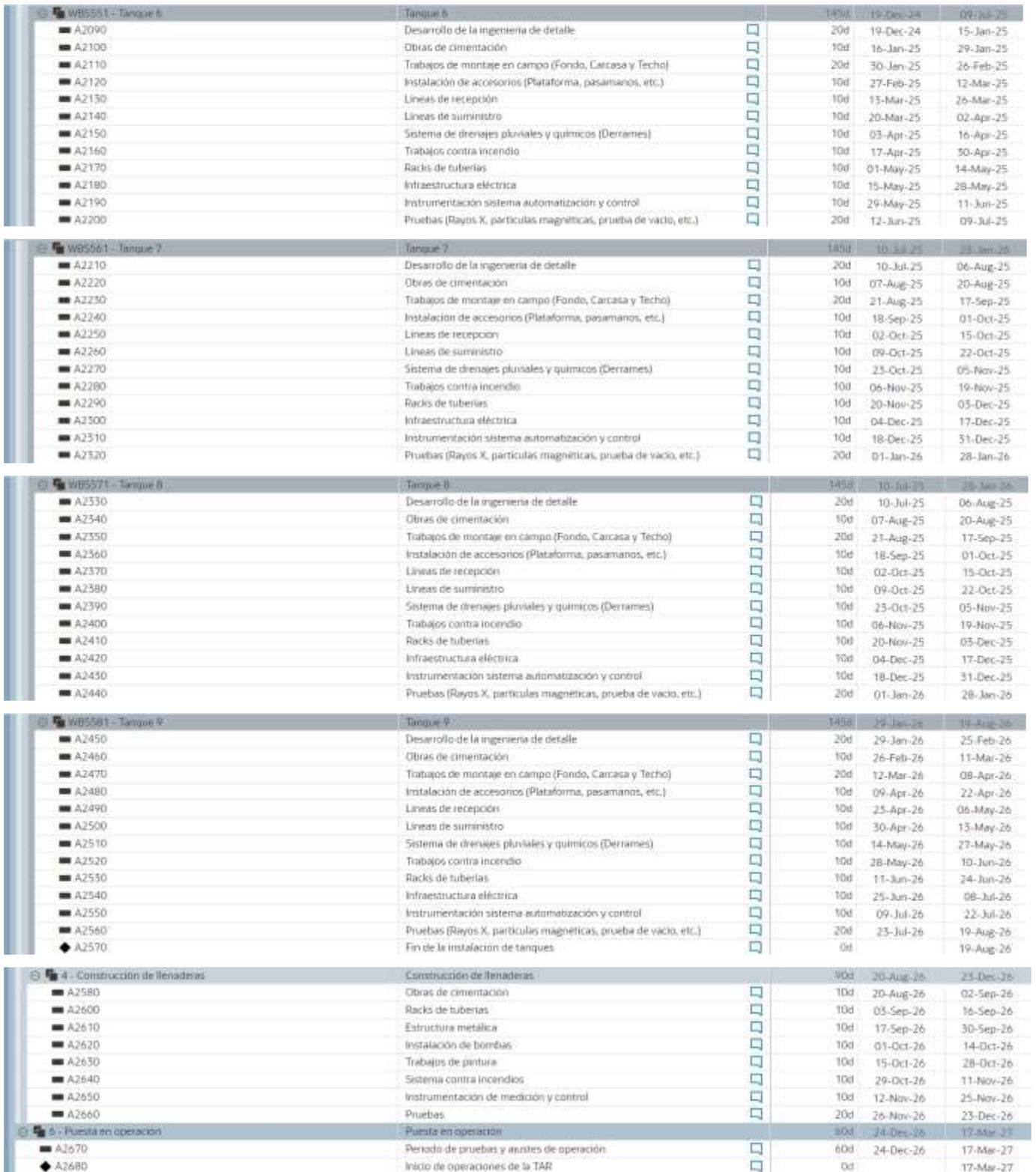


Figura 18. Gantt del proyecto.

### 4.5.10.2 Análisis de riesgo

Cualquier proyecto tiene asociados riesgos, sin embargo, muchas veces estos suelen ignorarse ocasionando efectos negativos sobre el proyecto, principalmente sobre el cumplimiento de entregables importantes y su fecha de término, de ahí la importancia de identificarlos para crear programas más realistas, buscar estrategias para atenderlos y finalmente lograr que su impacto sea el menor.

En este análisis para considerar la exposición al riesgo del proyecto se consideró únicamente la incertidumbre, que está asociada con la variabilidad en la duración de las actividades, lo cual hace imposible predecir cuánto tardarán en terminarse, para ello se aplicó una distribución de tipo triangular a cada una de las actividades asignando una duración mínima, más probable y máxima.

Una vez aplicada la incertidumbre a todo el cronograma, para obtener un análisis cuantitativo de riesgos se empleó el método de Monte Carlo, que es un método de simulación probabilística que genera rápidamente múltiples escenarios por cada iteración, obteniendo los siguientes resultados de cada uno de los 3 escenarios más importantes: optimista, más probable y pesimista.



Figura 19. Gráfico de distribución del análisis de riesgo.

En la figura 19 se observa un análisis respecto a fechas de fin del proyecto en general, observando como datos importantes que:

- Se tiene un 0% de probabilidad de terminar en la fecha planeada del 17 de marzo de 2027, que es la fecha calculada son considerar riesgos.
- El escenario optimista considerando los riesgos por incertidumbre arroja como fecha de 25 de octubre de 2027.
- El escenario optimista considerando los riesgos por incertidumbre arroja como fecha de 11 de noviembre de 2027.
- El escenario optimista considerando los riesgos por incertidumbre arroja como fecha de 30 de noviembre de 2027.

# Conclusiones

- La propuesta del proyecto está fundamentada en la creciente demanda de gasolina que ha provocado una amplia dependencia a las importaciones y ha puesto como asunto nacional prioritario la ampliación de inventario de reservas, que en comparación con otros países es muy bajo, esto para garantizar su abasto diario y en situaciones de emergencia. Además, gracias a la apertura del mercado, así como la incorporación de la PPAMP se incentiva la creación de infraestructura de almacenamiento.
- Apoyado de los estudios de localización y mercado realizados para el establecimiento y dimensionamiento del proyecto se puede asegurar su éxito con potencial a pertenecer al plan de desarrollo nacional del Portafolio Nacional de Infraestructura.
- La acotación de la ubicación más idónea para el proyecto fue posible gracias a la identificación de los beneficios obtenidos de diversos factores como:

Factor	Justificación
Vías de acceso	Debido a la localización céntrica de Hidalgo se cuenta con una amplia conexión de medios de transporte como ferrovías, ductos y carreteras. Por otro lado, al Nopala situar en el límite suroeste del mismo, cuenta con estas mismas ventanas de acceso, permitiendo un buen alcance y distribución de petrolíferos.
Infraestructura de almacenamiento	A pesar de las terminales ya asentadas y la cotización por establecer nuevas de ellas en el área, la creciente demanda de combustible de los estados aledaños, que además forman parte del objetivo de mercado, específicamente Estado de México y Querétaro, continúa garantizando la factibilidad del proyecto.
Fuentes de abastecimiento	Por la ubicación del proyecto, se pretende que la Refinería “Miguel Hidalgo” ubicada en Tula funja como su principal proveedor, logrando un suministro eficiente. Esto a través de la red de ductos, que además conecta a la refinería de Salamanca.

- Respecto al estudio de mercado, algunos factores que aseguran la factibilidad del proyecto son:

<b>Factor</b>	<b>Justificación</b>
Proximidad de mercado	La cercanía entre la TAR y los clientes potenciales, en conjunto con la sólida infraestructura de transporte, permitirá un fácil acceso a los productos petrolíferos.
Número de estaciones de servicio	A pesar de que el mercado dentro de Nopala no es amplio, por la ubicación de la TAR en los límites del estado permite un fácil acceso a estaciones aledañas como las del Estado de México, que representa el mayor poseedor de gasolineras nacional, la cual resulta viable y atractivo para la construcción del proyecto.
Sectores de actividad económica	Hidalgo cuenta con múltiples corredores industriales que requieren del uso de petrolíferos, tales como la industria cementera, manufacturera, plantas generadoras de electricidad, etc.

- Los interesados en abastecer el mercado de petrolíferos deben tener un conocimiento integral que incluya información sobre las condiciones y tendencias del mercado en las distintas regiones del país como la asociada a los niveles de inventarios, producción nacional de productos refinados, capacidad y ubicación de las plantas de almacenamiento en el país, etc.
- Gracias al análisis realizado con la herramienta de gestión es posible pronosticar la fecha estimada de fin del proyecto, así como el panorama de cada uno de los escenarios (optimista, más probable y pesimista) considerando la incertidumbre como un riesgo que afecta la duración de las actividades del proyecto.

## Glosario de unidades

Miles de millones de barriles [Abrev. MMMbbls]

Millones de barriles por día [Abrev. MMbpd]

Millones de barriles [Abrev. MMbbls]

Millones de barriles diarios [Abrev. MMbd]

Miles de barriles por día [Abrev. Mbpd]

Miles de barriles [Abrev. Mbbls]

Barriles [Abrev. Bbls]

Gigajoules [Abrev. GJ]

## Referencias

Bembibre, C. *Importancia del Petróleo*. Recuperado el 17 de diciembre de 2020 de <https://www.importancia.org/?s=Petr%C3%B3leo>

BP (2020). *Statistical Review of World Energy*. Edición 69.

CEFP (2020). *Cámara de diputados*. Recuperado el 8 de noviembre de 2020 de [https://www.cefp.gob.mx/new/graficas\\_interactivas.php](https://www.cefp.gob.mx/new/graficas_interactivas.php)

CIEP (2018). *Factores que inciden en la industria de refinación en México*. Recuperado el 13 de noviembre 2021 de <https://ciep.mx/factores-que-inciden-en-la-industria-de-refinacion-en-mexico/> <https://ciep.mx/factores-que-inciden-en-la-industria-de-refinacion-en-mexico/>

CRE. *Precios máximos de venta de primera mano y terminales de almacenamiento de petrolíferos*. Recuperado el 14 de agosto de 2022 de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/precios-maximos-de-venta-de-primera-mano-y-terminales-de-almacenamiento-de-petroliferos>

DOF (2021). *ACUERDO por el que se emite la Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos*. Recuperado el 8 de octubre de 2023 de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5507473](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5507473)

- DOF (2021). *ACUERDO que modifica al diverso por el que se emite la Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos*. Recuperado el 8 de octubre de 2023 de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5545158](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5545158)
- INEGI. *Información por Entidad*. Recuperado el 8 de octubre de 2023 de <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/default.aspx?tema=me>
- INEGI. *Sistema de Información de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 28 de noviembre de 2022 de <https://agenda2030.mx/ODSopc.html?cveCob=13&lang=es#/geocov>
- International Energy Agency. Recuperado el 3 de mayo de 2022 de <https://www.iea.org/>
- NOM-005-STPS-1998 (1998). *Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo por el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas*. Recuperado el 22 de julio de 2022 de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69360.pdf>
- NOM-016-CRE-2016 (2016). *Especificaciones de calidad de los petrolíferos*. Recuperado el 20 de junio de 2022 de <https://www.dof.gob.mx>.
- NOM-EM-003-ASEA-2017 (2017). *Especificaciones y criterios técnicos de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente para el Diseño, Construcción, Pre-Arranque, Operación y Mantenimiento de las instalaciones terrestres de Almacenamiento de Petrolíferos, excepto para Gas Licuado de Petróleo*. Recuperado el 15 de julio de 2023 de [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5462374&fecha=24/11/2016&print=true](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5462374&fecha=24/11/2016&print=true)
- OCDE. *Gobernanza de reguladores: impulsando el desempeño de la ASEA, la CNH y la CRE*. Recuperado el 3 de abril de 2022 de <https://www.oecd.org/gov/regulatory-policy/Mexico-Energy-brochure-ESP.pdf>
- OPEC, (2020). *Annual Statistical Bulletin*, p. 28. Recuperado el 10 de enero de 2021 de [https://d.docs.live.net/fbe21e0ec081bfbb/Política%20de%20Almacenamiento/Pdf's/ASB\\_2020.pdf](https://d.docs.live.net/fbe21e0ec081bfbb/Política%20de%20Almacenamiento/Pdf's/ASB_2020.pdf)
- Pemex. *BDI Pemex*. Recuperado el 3 de febrero de 2021 de <https://ebdi.pemex.com/bdi/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=RPROREF>
- SciELO (2018). *Análisis del mercado de petróleo y la gasolina en México, 1996-2015*. Vol.52 No.8. Recuperado el 7 de agosto de 2022 de [Análisis del mercado de petróleo y la gasolina en México, 1996-2015 \(scielo.org.mx\)](https://www.scielo.org.mx)
- Secretaría de Energía. *Estadísticas de Petrolíferos*. Recuperado el 13 de marzo de 2021 de <https://estadisticashidrocarburos.energia.gob.mx/>

- SEMANART, SENER. (2018). *Balance de Energía: Fuentes de energía en México*. Recuperado el 18 de diciembre de 2020 de <http://dgeiawf.semarnat.gob.mx>
- Sistema de Información de Objetivos de Desarrollo Sostenible (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 26 de octubre del 2023 de <https://agenda2030.mx>
- Sistema de Información Energética. Recuperado el 20 de junio de 2023 de <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas&fromCuadros=true>
- The Global Oil and Gas Industry Association for Environmental and Social Issues, United Nations Development Programme, International Finance Corporation (2017). *Mapping the Oil and Gas Industry to the Sustainable Development Goals: An Atlas*, p.16.
- Wood Mackenzie (2020). *The world after COVID-19*. [Consultado el 7 de septiembre de 2021]